

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

### Grado en Ingeniería Química

# MODELOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE CERVEZAS



## Memoria y Anexos

**Autor:** Claudia Espejo Martínez

**Director:** Bruno Domenech

**Convocatòria:** Mayo 2019

## Resum

En l'actualitat, el sector de la cervesa en Espanya està en pujada, aquest fet fa que augmenti la fabricació d'una gran quantitat i diversitat de tipus de cerveses. Com a conseqüència, l'oferta dels tipus de cerveses que existeix en el mercat és cada vegada més amplia, constituint un problema per als consumidors el fet de haver de prendre una decisió al respecte i, sobretot, aconseguir que aquesta decisió sigui la que més s'ajusta a les seves preferències.

L'objectiu general d'aquest treball va ser determinar la possible utilitat de les tècniques de decisió multicriteri de tipus discret AHP i de tipus continu Programació compromís, com ajuda al consumidor a la selecció de la cervesa que millor s'adapti a les seves necessitats.

La metodologia utilitzada ha sigut una estratègia de cerca de la literatura en referència al sector cerveser i a les tècniques de decisió multicriteri, al llarg de la Història i a la seva evolució fins als dies actuals. Hem de citar l'ús d'enquestes per a la realització d'un anàlisis social previ per focalitzar la realitat en la nostra zona i, a més a més, l'ús d'un altre enquesta per fonamentar el cas pràctic real presentat.

Els resultats indiquen que existeix una gran diversitat de tipologies de cerveses, i aquesta es tracta d'una beguda consumida per la majoria de la població. L'amargor i l'olor de la cervesa formen els dos criteris de selecció més valorats per els consumidors. Posteriorment, la programació compromís determina quina és l'alternativa, dintre de les propostes que hi ha, que millor s'adapti a les necessitats del decisor, sent en el cas pràctic presentat la cervesa Moritz la que sigut com alternativa que més s'ajusta a les preferències d'un major número de persones.

Per finalitzar, es diu que el protocol consistent en utilitzar la tècnica AHP, seguida de l'aplicació de la tècnica Programació Compromís, pot servir d'ajuda al consumidor de cerveses en la presa de decisions d'aquella que s'ajusti millor a les seves necessitats i preferències

## Resumen

En la actualidad, el sector cervecero en España está en auge, conllevando un incremento en cuanto a fabricación de una gran cantidad y diversidad de tipologías de cervezas. Como consecuencia, la oferta de tipos de cervezas que existe en el mercado es cada vez más amplia, constituyendo una mayor diversidad para los consumidores al tomar una decisión al respecto y, sobre todo, lograr que dicha decisión sea la que más se ajuste a sus preferencias.

El objetivo general del presente trabajo es determinar la posible utilidad de las técnicas de decisión multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y Programación Compromiso, como ayuda al consumidor en la selección de la cerveza que mejor se adapte a sus preferencias.

La metodología utilizada ha sido una estrategia de búsqueda de la literatura referente tanto al sector cervecero como a las técnicas de decisión multicriterio, a lo largo la Historia y su evolución hasta nuestros días. Cabe citar el uso de encuestas para la realización de un análisis social previo para focalizar la realidad en nuestra zona y, además, el uso de otra encuesta para fundamentar el caso práctico real presentado.

Los resultados indican que existe una gran diversidad de tipologías de cerveza, y ésta se trata de una bebida consumida por la mayor parte de la población. El amargor y el olor de la cerveza constituyen los dos criterios de selección más valorados por los consumidores. Posteriormente, la Programación Compromiso determina cuál es la alternativa, dentro de las propuestas, que mejor se adapta a las preferencias del decisor, siendo en el caso práctico presentado la cerveza Moritz la que ha emergido como alternativa que más se ajusta a un mayor número de personas.

Se concluye que, el procedimiento consistente en utilizar la técnica AHP seguida de la aplicación de la técnica de Programación Compromiso, puede servir de ayuda al consumidor de cerveza en la toma la decisión de aquella que se ajuste mejor a sus necesidades y preferencias.

## **Abstract**

Nowadays, the beer industry in Spain is in growth, leading to an increase in the manufacture of a large quantity and diversity of types of beer. Thus, the offer of types of beer that exists in the market is becoming increasingly widespread, and there is a higher diversity to make a decision on this regard for consumers. Furthermore, the decision should be the best one according to their preferences.

The general objective of the present study was to determine the possible utility of multiple-criteria decision analysis Analytic Hierarchy Process (AHP) method and Programming Commitment for helping to consumer of beers to select the beer most suitable to their preferences.

The methodology used has been a search strategy for literature referring both to the beer industry and the multiple-criterion decision techniques, throughout history and its evolution to our days. It is worth mentioning the use of surveys to carry out a previous social analysis to focus the reality in our area. Moreover, another survey was used to substantiate the real practical case presented.

The results indicate that there is a wide variety of types of beer, and this is a drink consumed by most of the population. The bitterness and the smell of beer are the two criteria of selection most valued by consumers. Subsequently, the Commitment Programming determines the alternative, within the proposals, that best suits those preferences of the decision-maker, being in the practical case presented the Moritz beer that has emerged as an alternative that best suits to a higher number of people.

The general conclusion is that the procedur of using the AHP technique, followed by the application of the Compromise Programming technique, could serve as a help to the consumer of beer to make a decision about the beer that more adjusts to your needs and preferences.

## Agradecimientos

Primero de todo, me gustaría agradecer a mi tutor DR. Bruno Domenech, por darme la oportunidad de realizar este proyecto. Gracias por confiar en mí, por el buen asesoramiento que he recibido y por estar siempre disponible para cualquier duda que tuviera.

A mi padres, que durante estos años siempre me han apoyado y animado a conseguir mis sueños, sin ellos no hubiera podido llegar hasta donde estoy.

A mi hermana Sandra que aún teniendo 17 años siempre ha sido mi fiel compañera de estudio y siempre me ha animado en todo.

A mi pareja Pedro, estos dos últimos años ha hecho que la carrera fuera más amena y aún obteniendo malos resultados en los exámenes siempre me recibía con una gran sonrisa.

A mis amigas Marina y Anna, porque sin ellas esta experiencia no habría sido tan bonita, gracias por los consejos y vuestra amistad.

Finalmente, me gustaría agradecer a la EUETIB i a la EEBE por haberme hecho aprender el significado de trabajo y esfuerzo.

Gracias

# Índice

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1.1. Objetivos del trabajo .....	7
1.2. Alcance del Trabajo .....	8
<b>2. ESTUDIO DE LA CERVEZA ESPAÑOLA O DEL SECTOR</b>	<b>9</b>
2.1. Historia de la cerveza.....	9
2.2. Origen de la cerveza .....	9
2.3. Ingredientes de la cerveza .....	18
2.4. Tipos de cerveza .....	24
<b>3. ANÁLISIS SOCIAL</b>	<b>29</b>
3.1. Introducción.....	29
3.2. Tamaño de la muestra .....	29
3.3. La encuesta .....	31
3.4. Conclusiones.....	43
<b>4. ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO</b>	<b>47</b>
4.1. Introducción.....	47
4.2. Técnicas multicriterio discretas .....	53
4.2.1. Método ELECTRE.....	54
4.2.2. Método AHP .....	56
4.3. Técnicas multicriterio continuas .....	63
4.3.1. Programación compromiso .....	64

4.3.2. Programación por metas .....	65
<b>5. DESCRIPCIÓN PROPUESTA O CASO PRÁCTICO .....</b>	<b>67</b>
5.1. Introducción .....	67
5.2. Objetivo .....	67
5.3. Definición de criterios a utilizar .....	68
5.4. Técnicas a utilizar .....	73
5.4.1. Método AHP .....	73
5.4.2. Método Programación Compromiso.....	82
5.5. Resultados .....	89
<b>6. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>99</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>101</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>107</b>

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos del trabajo

El objetivo principal del presente trabajo es determinar la utilidad que tiene tanto el método de decisión multicriterio de tipo discreto AHP (del inglés, “*Analytic Hierarchy Process*”) como el método de decisión de tipo continuo programación compromiso, como ayuda al consumidor en la selección de la cerveza que mejor se adapte a sus necesidades individuales.

En las últimas décadas, se está fabricando y comercializando cada vez un número más elevado de diferentes tipos de cervezas a nivel mundial. Además, la internacionalización y la mayor facilidad de importación y exportación de cerveza, sobre todo, en los países más desarrollados está conllevando el que los consumidores de esta bebida se encuentren bajo un número mayor de posibilidades o alternativas de elección, debiendo tomar una decisión al respecto, la cual, en determinadas ocasiones, se torna compleja, siendo el objetivo del presente trabajo el ayudar a solventar esta realidad de la manera más beneficiosa posible para el decisor.

Además, para alcanzar el objetivo principal expuesto previamente, se deben proyectar otra serie de objetivos en relación a las técnicas de decisión multicriterio que se van a implementar. Así, los objetivos específicos planteados en el presente trabajo son los siguientes:

- Conocer la situación real que existe actualmente en el sector cervecero, así como la evolución histórica que la ha condicionado en mayor o menor medida.
- Comprender de manera exhaustiva las diferentes técnicas de decisión multicriterio, con especial énfasis en el método AHP y programación compromiso.
- Construir el esquema o estructura jerárquica características del método AHP, para lo cual es necesario previamente determinar, definir y categorizar los criterios de selección que más se ajusten al objetivo del trabajo.
- Seleccionar las alternativas frente a las cuales el decisor debe enfrentarse en el momento de su toma de decisión.



- Validar la utilidad de las técnicas empleadas como posibilidad de estudio del problema u objetivo inicial planteado.

## 1.2. Alcance del Trabajo

Los alcances que se pretenden obtener con el presente trabajo fueron establecidos desde el momento del planteamiento inicial del mismo.

Por un lado, el alcance de una visión de la situación real que se ha pretendido con este proyecto ha supuesto un reto, puesto que llevar a cabo una determinación real sobre lo que acontece en el mercado del sector cervecero, que en este caso es el campo de investigación del trabajo, no es sencillo. Los resultados derivados del presente trabajo podrían ser útiles para las fábricas cerveceras, tanto en cuanto muestran una visión de la realidad del sector.

Por otro lado, el alcance práctico pretendido con el presente trabajo ha adquirido una crucial importancia desde el planteamiento hasta la finalización del mismo. Así, una vez integrados los conocimientos teóricos en relación a las técnicas de decisión multicriterio, se quiso alcanzar un enfoque más práctico, para lo cual se ideó e implementó un caso práctico con objeto tanto de conseguir afianzar conocimientos teóricos como de conseguir resultados reales de la población de estudio.

Además, cabe incidir que el enfoque tanto real como práctico del presente proyecto, integrados en muchas ocasiones, se han fundamentado en población de nuestra zona geográfica (la provincia de Barcelona) principalmente, aportando una visión actual de la situación en referencia al sector cervecero.

Finalmente, tal vez el mayor alcance que se pretende con el presente proyecto es el validar un procedimiento de actuación basado en dos técnicas de decisión multicriterio (una de tipo discretas, la técnica AHP; y otra de tipo continua, la programación compromiso) ante situaciones de toma de decisión complicadas en el sector cervecero, incidiendo en la necesidad del establecimiento de una serie de criterios de selección perfectamente identificados, categorizados y ponderados, así como una estructura jerárquica precisa y adecuada en cada caso, con objeto de obtener los resultados más fiables y concisos posibles en relación a la toma de decisión más adecuada.

## 2. Estudio de la cerveza española o del sector

### 2.1. Historia de la cerveza

La cerveza se define como una bebida alcohólica no destilada, de sabor amargo, elaborada a partir de granos de cereales, principalmente, de cebada. El término cerveza proviene del latín, de *cervesia*, tal vez procedente del galo *korma* y, a su vez, de una raíz celta. En lengua castellana se escribía *servesa* en el Siglo XV. Es una bebida que se consume mundialmente, siendo considerada la de mayor diversificación que existe en la actualidad (Muñoz & Yépez, 2005).

La historia de la cerveza continúa tras el origen de la misma, el cual se expone en el próximo punto del presente trabajo.

### 2.2. Origen de la cerveza

El origen de la cerveza se remonta a hace más de cien mil años y, desde aquel momento, se ha convertido en una tradición a nivel mundial. Según un numeroso número de antropólogos, el hombre primitivo la elaboraba a partir de raíces, de cereales e incluso de frutos silvestre, los cuales masticaban y se conseguía una fermentación de tipo alcohólica que daba lugar a una bebida que les producía un estado de relajación muy placentero y perseguido por los hombres de aquel momento histórico (Aixela, 1985; Peralta, 2013).

Los datos más antiguos que existen en la literatura en relación a la cerveza son de 4000 a.C, y son los hallados en una tabla de arcilla, en la que se encontró explicada mediante pictogramas una fórmula que corresponde a la de elaboración de dicha bebida. En ella, aparece escrito:

- Se cuece pan
- Se deshace en migas
- Se prepara una mezcla en agua

El resultado de la mezcla anterior se trata de una bebida fermentada, conocida como *sikaru*, con contenido alcohólico y muy refrescante, demandada de manera rutinaria por los hombres. En otra tablilla aparece una mujer que sostiene dos copas en la mano y, debajo, hay una inscripción que dice (Díaz Yubero, 2015):

*“Bebe sikaru con el corazón de león”*

Existen indicios de que la cerveza también se bebía en la India hacia el año 3500 a.C., y en China, sin embargo, parece que fueron los sumerios hacia el año 3000 a.C. quienes comenzaron a consumir más esta bebida, destinando hasta un 40 por ciento de sus cosechas de cereales a la fabricación de la cerveza.

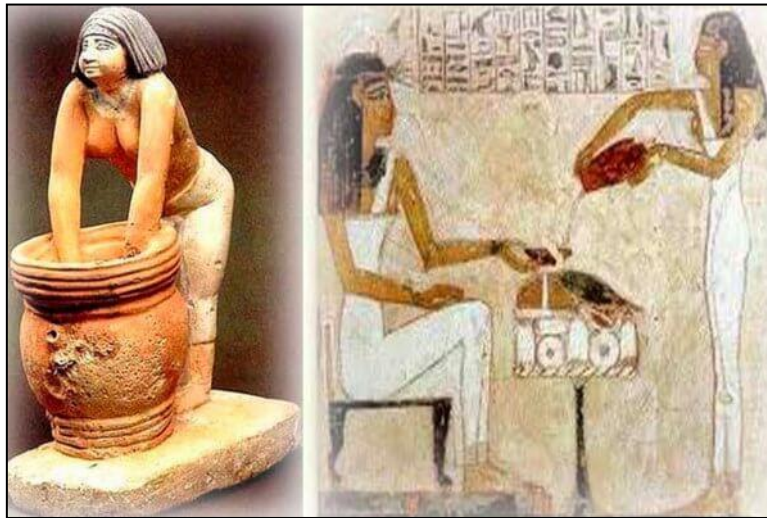
Desde sus inicios en Oriente Medio, la cerveza se fue extendiendo a los países de la cuenca oriental del mar Mediterráneo. Cabe destacar que, la cultura egipcia, una de las culturas más importantes y grandes de todos los tiempos, es donde surgió la mención más antigua relacionada con la cerveza, bautizándola con el nombre de “*zythum*”, estando además relacionada con la cultura rutinaria de carácter religioso de los dioses (Muñoz Bottas, 2005; Peralta, 2013; Díaz, 2015).

Se tienen datos bibliográficos de que en la cultura egipcia se tenía la consideración de que la cerveza había sido creada por el Dios Osiris, como respuesta a un capricho (Hidalgo, 2001). En esta cultura y época se descubrió la malta, y añaden a la cerveza otros componentes como el azafrán, el jengibre, la miel y el comino, todo ello con el objetivo de conferirle a esta bebida un color y un aroma (Muñoz & Yépez, 2005; Peralta, 2013). Así, a partir de este momento de descubrimiento de que malteando la cebada se mejoraba la calidad de la cerveza, se convirtió en una práctica rutinaria, la cual aparece descrita en una tabla del Museo Nacional de El Cairo:

*“Dejad macerar e inflarse los granos de cebada durante un día, en agua clara. Volved a humedecerlos con agua y escurrir en recipiente o bandeja, con agujeros en la base. Dejad que se sequen e inflen, colocándolos al sol”*

Cabe destacar que las primeras elaboraciones de cerveza las realizaban exclusivamente mujeres, sin embargo, conforme se fue extendiendo el negocio, los hombres también comenzaron a colaborar. La bebida ya tenía un notable éxito en aquellos momentos y, como demostración está el hecho de que los que mejor elaboraban la cerveza, adquirirían una mayor fama, motivo por el que hombres y mujeres se esforzaban en su elaboración, sobre todo, con objeto de hacerla diferente a las demás (Díaz, 2015).

En la Figura 2.1 se puede observar una ilustración en la que se observa a egipcias elaborando cerveza.



**Figura 2.1.** Ilustración sobre el proceso de elaboración de la cerveza en la cultura Egipcia. (Fuente: internet. Disponible en <https://www.curiosfera.com/historia-de-la-cerveza/>)

En aquel momento histórico, existen datos sobre que la cerveza comenzó relacionándose con las rutinas religiosas, si bien, posteriormente fue de manera paulatina incrementando su importancia y adhiriéndose a otros tipos de festividades y celebraciones, tales como las fiestas triunfales, las familiares, las reuniones de carácter social, entre otras. Estos hechos se relacionan tanto a la cultura griega como a la romana (Muñoz & Yépez, 2005).

Además, cabe destacar que el aquel momento integrado en la Edad Media, nació la conocida como “*cerevisa monacorum*”, la cual fue considerada la cerveza de los monjes, con denominación de origen. Existen datos en los que se indica que fueron los monjes quienes, tras la añadidura de nuevos componentes alimenticios con objeto de mejorar las características de esta bebida, otorgaron esta nueva definición a la bebida (Hidalgo, 2001). Además, es de especial interés el indicar que, ya en aquellos momentos, los monjes comenzaron a mantener ocultos algunos detalles de su elaboración, con el fin de conferir a esta bebida unas altas expectativas, sobre todo, en las personas que no estaban integradas en el mundo de la elaboración de la misma. Si bien, no es extraño el afán de ocultismo del proceso de elaboración de la cerveza, ya que, en la Edad Media, los elementos en relación al ocultismo y a un mundo paralelo

habitado por santos, dioses, muertos, fantasmas y ángeles, entre otras figuras, era algo integrado de manera cotidiana en su cultura y festejos. Así, en el caso de la cerveza, existen numerosos datos que indican que por aquellos años se crearon un sinnúmero de leyendas y fábulas relacionadas con la cultura de la cerveza, creando un ambiente intrínseco a la misma (Muñoz & Yépez, 2005).

En aquel momento histórico, más específicamente a mitad de la Edad Media, las localizaciones donde se fabricaba la cerveza eran, por excelencia, los monasterios. En toda Europa existían monasterios en los cuales se llevaba a cabo la práctica, si bien cabe destacar uno llamado “*Saint Gall*”, ubicado en Suiza, en el cual los monjes que allí habitaban eran aficionados a la cerveza, atribuyéndosela a los santos, incrementando el nivel de interés en esta bebida en el ámbito popular, aumentándose de esta manera también el número de leyendas en relación a ella (Hidalgo, 2001).

Una de las principales leyendas que se conocen de aquel momento es la que dice (Muñoz & Yépez, 2005):

*“el Santo Metz convocó una procesión para trasladar algunas reliquias, el calor era sofocante al igual que la sed era insostenible, mágicamente de una jarra salió cerveza para toda la gente involucrada, los cuales quedaron encantados con el delicioso sabor y frescura del líquido, menciona la leyenda”*

Así, se puede observar que los orígenes de la cerveza se encuentran entrelazados con mitos, leyendas e historias numerosas, si bien fue cada cultura la que de manera propia la han ido convirtiendo en una bebida diferente y especial, desarrollando además sus fórmulas propias de cómo elaborarla según sus intereses, creencias, medios, sociedad, etc. Todo ello confería a la cerveza una imagen diferente en cada cultura.

A pesar de la existencia ya en aquellos momentos históricos del vino, el cual también tenía un interés e integración cultural grande, la cerveza, en numerosas partes del mundo, se impuso, adquirió un mayor grado de popularidad y, de esta manera, consiguió un lugar privilegiado. En algunas localizaciones, la cerveza incluso consiguió que el vino disminuyera su consumo habitual notablemente tras su incorporación (Muñoz & Yépez, 2005; Peralta, 2013; Díaz, 2015).

La cerveza constituía la bebida por excelencia en numerosas zonas, y el porqué de su elevado consumo no está claro en la literatura, ya que las respuestas eran variadas atendiendo a numerosos factores, si bien, de manera general, los principales motivos del alto consumo de cerveza eran (Muñoz & Yépez , 2005; Peralta, 2013; Díaz, 2015):

- Atributos emocionales que confería. Así, las personas que la consumían se sentían alegres y felices, tal y como recogen escritos de la Antigua Babilonia en relación a los sentimientos que escribían las personas tras el consumo de la cerveza.
- Hábito cultural, tal y como sucedió en la cultura egipcia. El consumo de cerveza adquirió un lugar preferente en las rutinas diarias de la sociedad, y este mero hecho hizo que el consumo de la misma fuera incrementándose e instaurándose cada vez a mayor escala.
- Se utilizaba como instrumento de pago a los trabajadores.
- Se utilizaba como medicina para curar enfermedades.
- Se utilizaba como diurético.
- Se utilizaba para honrar a los dioses.
- Otorgaba virilidad y fertilidad a los varones que la consumían.
- Se utilizaba la espuma de la cerveza para mantener la piel fresca y tersa (antiguo Egipto).
- Se pensaba que desarrollaba el pecho en las mujeres, conllevando este pensamiento el atribuírsele a la cerveza el símbolo de belleza (antiguo Egipto).

Cada civilización y ubicación construyó su propia cerveza, a la cual también le atribuyeron denominaciones diferentes, así como los componentes de la misma cada vez se fueron diversificando más.

Algunos nombres que se le atribuyen a la cerveza a lo largo de la historia en diferentes partes son (Hidalgo, 2005):

- En el Mediterráneo: *Siraku*
- En china: *Tie tsiou, Tisiou, Shu, Li, Chiu*
- En Suramérica: *Aca*
- En Japón: *Sake, Koji,*
- En África: *Kaffir, Mijo*
- Rusia: *Kwasz*
- Inglaterra, Escocia e Irlanda: *Midsummmmer ale, Bride ale, Buria ale*

Atendiendo de manera específica a algunos datos según países, es de resalta que, en los Países Bajos, comenzó a catalogarse a la cerveza como de señorial, teniendo como consecuencia esta situación el que la sociedad se segmentara en grupos según su diferente consumo de esta bebida. En el caso de la historia de la cerveza en Inglaterra, Escocia e Irlanda, ésta comenzó a posicionarse en las fiestas culturales de estos países, siendo los eventos populares y celebraciones típicos donde la cerveza comenzó a atribuirse a la hospitalidad de las personas (Peralta, 2013).

En el Siglo XIV se publica la primera receta moderna de cerveza en la ciudad de Gante, y en el Siglo XVI aparece el primer libro sobre la cerveza, en el que se demuestra la evolución que estaba experimentando la bebida, así como las diferencias que existían entre las primeras cervezas y las que se estaban produciendo en esos momentos de la historia (Díaz, 2015). Además, durante los Siglos XIV y XVI aparecen las primeras fábricas de cerveza, siendo las consideradas más importantes aquellas ubicadas en Hamburgo y Zirtau. Además, a finales del Siglo XVI, el duque Guillermo de Baviera promulgó la primera ley de pureza de la cerveza alemana, en la que se dictaba el reglamento que los productores de cerveza tenían que respetar, con el objetivo de que la cerveza consiguiera su pureza máxima. Así, esta ley determinada que para la fabricación de la cerveza sólo se podía utilizar la malta de cebada, agua, levadura y lúpulo. Este hito constituyó el inicio de una era nueva para la bebida que ocupa la temática de este trabajo (Hidalgo, 2005).

Si bien, el momento más álgido de la cerveza en la historia se encuadra a finales del Siglo XVIII, conocido como la época dorada de esta bebida, tras la incorporación de la máquina de vapor a la industria de la cerveza y el descubrimiento de una fórmula nueva de producir en frío. Esta época dorada finaliza en el último tercio del Siglo XIX, tras los hallazgos del investigador Pasteur en relación al proceso de la fermentación, proceso clave en la elaboración de la cerveza (Muñoz & Yépez, 2005).

Louis Pasteur, fue un químico y bacteriólogo francés del Siglo XIX, considerado el pionero de la microbiología moderna, gracias al cual se inició la conocida como “Edad de Oro de la Microbiología”. Sus descubrimientos tuvieron una gran repercusión en numerosos campos de las ciencias naturales, sobre todo, en el campo de la química y la microbiología. En 1857, Pasteur descubrió, con ayuda del microscopio, que la fermentación era un proceso químico, tal y como había sugerido el químico alemán Justus von Liebig; sin embargo, el proceso sí requería la intervención de organismos,

específicamente, de dos, siendo dos variedades de levaduras que, además, constituían la clave del proceso de fermentación. Una de estas levaduras producía el alcohol, mientras la otra producía ácido láctico.

A partir de ese momento histórico, la industria y el mercado de la cerveza comenzaron a crecer a los niveles que internacionalmente se estaban exigiendo, los cuales eran muy elevados debido a que las nuevas condiciones económicas comenzaron a abrir las fronteras de todo el mundo, llegando la Revolución Industrial (Muñoz & Yepes, 2005; Peralta, 2013; Díaz, 2015).

La Revolución Industrial conllevó que las cerveceras comenzaran a formar parte del comercio ya que, además, el descubrimiento del ferrocarril contribuyó a que la distribución del producto se pudiera realizar de manera sencilla y generalizada. Así, el ferrocarril fue la causa principal del comienzo de una distribución masiva, contribuyendo además a la mejora de la producción y la calidad de la cerveza, ya que gracias a que con el ferrocarril se podía transportar el hielo desde los glaciares a los demás lugares del mundo, a partir de ese momento la fabricación de la cerveza podía elaborarse en cualquier época del año, y no sólo en invierno que era cuando había hielo (Peralta, 2013).

Así, la industrialización de la cerveza constituyó un nuevo hito histórico determinante, pasando a nueva era en la cual se llevó a cabo un desarrollo crucial de esta bebida y de su imagen, adquiriendo esta última cada vez más importancia. La imagen y el nombre de la cerveza comenzaron a adjuntarse a lo que realmente era el líquido de la bebida y, de esta manera, los consumidores iniciaron a desarrollar preferencias por una determinada cerveza, así como lealtad a la misma. Además, cabe destacar que, en esos momentos, las preferencias de los consumidores estaban notablemente influenciadas por las tradiciones o nacionalismos (Muñoz & Yépez, 2005).

Entre las primeras marcas influyentes que aparecieron en el mercado encontramos:

- *Kronenburg*
- *Guinness*
- *Molson*
- *Carlsberg*



- *Anheuser Busch* o *Budweiser*
- *Heineken*

A continuación, vamos a detallar algunos datos referentes en relación a la historia de estas primeras seis cervezas con gran influencia en el mercado. Cabe destacar a la cerveza **Kronenbourg**, la cual había sido creada en el año 1664 por Jerome Hatt, otorgándole ese nombre por la ubicación de su fábrica (Hidalgo, 2005). El motivo por el que hemos decidido destacarla es por la importancia que adquirió a nivel Europeo en aquel momento histórico debido, en parte, a la adecuada estrategia de distribución que se llevó a cabo, la cual estuvo apoyada por el tren con recorrido París-Estrasburgo, el cual incluso llegó a denominarse el “Tren de la cerveza”. Esta cerveza consiguió conquistar a un número elevado de consumidores parisinos debido al alcance social que alcanzó debido a su excelente distribución en aquellos momentos. Además, en la actualidad, esta marca representa a la mejor industria como embotelladores de Europa (Muñoz & Yépez, 2005).

En relación a la cerveza denominada **Guinness**, cabe destacar que nació en el año 1725 en Dublín, Irlanda, de manos de Arthur Guinness, cuyo nombre a la cerveza fue otorgado en consonancia al apellido de su descubridor (Hidalgo, 2005). La fama de esta cerveza desde sus inicios hasta la actualidad (conocida como la “cerveza negra” a nivel mundial) parece estar relacionado con la imagen de innovación en los tiempos en que los cerveceros más reconocidos se cuestionaban si su tradición era considerada más importante para los consumidores que los gustos nuevos y, con esta cerveza, se investigaron nuevos parámetros de preferencia por parte de los mismos, conllevando que hasta la actualidad, este tipo de cerveza ha ocupado una posición importante en cuanto a fama y, consecuentemente, venta (Muñoz & Yépez, 2005).

En el año 1782 se desarrolló en Canadá la cerveza **Molson**, cuyo nombre se eligió en consonancia con su descubridor, Jonh Molson, procedente de Inglaterra (Hidalgo, 2005). La fama y buen posicionamiento en la sociedad de esta cerveza parece ser debido a los estándares de calidad que presenta, así como a que su creador fue un hombre importante y reconocido no sólo en el ámbito cervecero, ya que desarrolló también otras numerosas empresas importantes. Además, cabe destacar que en el año 1907, Molson creó una línea de cerveza más ligera, originando con este suceso una nueva estrategia, el comienzo de la diversificación de productos. Esta estrategia tiene como objeto el ofrecer

beneficios novedosos a los consumidores, pero sin perder la tradición del producto (Muñoz & Yépez, 2005).

En el 1801, en Copenhague, se creó una de las cervezas más tradicionales, la **Carlsberg**. La tradición de este producto parece ser debido a que cada heredero de la fábrica fue incrementando la buena fama de su producto, además de ir desarrollando e introduciendo novedosas técnicas en el proceso de elaboración de la cerveza (Hidalgo, 2005). Todo ello ha ido teniendo como consecuencia que, a lo largo de los años, la cerveza Carlsberg haya ido adquiriendo una mejor calidad, mejor gusto y, por ende, un incremento de ventas en el mercado, sobre todo, en el país en el que se originó (Muñoz & Yépez, 2005).

Resumiendo el origen de la cerveza **Anheuser Busch**, más reconocida a nivel mundial como **Budweiser**, cabe citar que fue creada en el año 1852 con el objetivo de conseguir un producto de origen americano de distribución nacional (Hidalgo, 2005). Para ello, se creó una red de proveedores de hielo en el país, lo que conllevó que se pudiera vender la cerveza en ubicaciones alejadas de su lugar de producción. Esta estudiada estrategia de distribución, posteriormente fue apoyada por una flota de vehículos con capacidad refrigeradora, conllevando este hecho el origen de un modo novedoso de distribuir la cerveza. Este hito fue, más probablemente, uno de los factores primordiales que conllevó al éxito de la empresa, sin embargo, la estrategia de publicidad que se llevó a cabo también contribuyó al mismo. Así, dicha estrategia de publicidad consistió en proporcionar piezas gráficas durante el proceso de distribución de la cerveza (Muñoz & Yépez, 2005).

Para terminar con la breve introducción en relación al origen de las seis cervezas con mayor influencia en el mercado que han perdurado a lo largo de la historia, presentaremos la llamada cerveza **Heineken**. Así, esta cerveza comenzó a obtener relevancia en el mercado cuando en el año 1864, Gerard Adrian Heineken adquirió una cervecería que contaban con 200 años de tradición previa, pero sin resultados destacables (Hidalgo, 2005). A partir de la compra de la fábrica, Heineken comenzó a expandirse a nivel internacional a través de alianzas con empresas extranjeras, siendo considerada una estrategia magnífica que levantó el imperio cervecero. Desde aquellos momentos hasta la actualidad, esta cerveza ha ido consolidando progresivamente su posicionamiento como imagen de marca a nivel mundial (Muñoz & Yépez, 2005).

Focalizándonos en el origen de la cerveza en España, cabe citar que existen algunas referencias históricas sobre el consumo de esta bebida en la Cornisa, donde se le conocía con el nombre de “*zithum*”, así como también alguna referencia ubica el consumo de la cerveza en *Al-Andalus*, donde como sucedía con el vino, estaba prohibida (Díaz, 2015).

Fue Carlos I el que consiguió que el consumo de la cerveza se introdujese en nuestro país. En su Corte existían los conocidos como maestros cerveceros, que eran las personas encargadas de suministrar esta bebida. La cerveza se producía mediante el aprovechamiento de la calidad de las aguas del río Manzanares y, posteriormente, cuando Carlos I se retiró al monasterio de Yuste, encargó a Enrique Van Der Duysen la construcción de una fábrica de cerveza para poder beberla a libre disposición en el momento que le apeteciera.

Posteriormente, en Madrid como primera ubicación y después en Santander, se construyeron fábricas con objeto de poder elaborar cerveza. A finales del siglo XVII existían dos fábricas en Madrid, las cuales eran monopolio del Estado, si bien éste las tenía cedidas a familias de origen madrileño, que eran las encargadas de la explotación de las fábricas. El monopolio por parte del Estado permaneció hasta que el fin de la Guerra de la Independencia, momento en el cual se comenzaron a instalar de manera progresiva más fábricas de elaboración de cerveza (Díaz, 2015).

### **2.3. Ingredientes de la cerveza**

Los ingredientes de la cerveza, a pesar de los diversos y numerosos tipos de cerveza, los cuales serán expuestos en el siguiente punto del presente trabajo, no han evolucionado sustancialmente a lo largo de la historia, ya que las materias primas son las mismas. Así, se consideran materias primas el agua y un cereal, las cuales deben prepararse de manera adecuada con objeto de conseguir una reacción de fermentación, la cual es capaz de transformar los hidratos de carbono en alcohol a través de un agente biológico, que con las levaduras en este caso, las cuales son las mismas que en los inicios del descubrimiento de su existencia, hito que llevó a cabo Pasteur, tal y como se expuso en el punto anterior del trabajo (Muñoz & Yépez, 2005; Díaz, 2015).

Si bien es cierto que, con el objetivo de mejorar el sabor y el aroma de la cerveza, a lo largo de la historia se han ido utilizando diversos productos saborizantes, por

ejemplo, miel, plantas aromáticas, frutas, especias, etc. Además, cabe destacar un ingrediente que se ha impuesto en la elaboración de algunas cervezas, que es el lúpulo; sin embargo, es importante indicar que los ingredientes que no son estrictamente necesarios para la elaboración de la cerveza son empleados o no según la cerveza, así como cuando se usan, sus cantidades varían notablemente de unas a otras.

Uno de los principales avances a lo largo de la historia en relación a los ingredientes que se utilizan en relación a la elaboración de la cerveza, no es tanto la diversidad de ingredientes en sí, sino el control exhaustivo de las características de las materias primas empleadas. Este hecho se debe, principalmente, a que el proceso de elaboración se ha tecnificado, permitiendo tal control. Así, en la actualidad se lleva a cabo, por ejemplo, un riguroso control de las levaduras, desde su cultivo y reproducción, hasta su mezcla, así como se puede también medir la calidad del grano del cereal que se utilice para la elaboración de la cerveza, el grosor del proceso de molido, el desarrollo de la germinación, entre otras medidas que sirven para conocer exactamente las características de las materias primas (Muñoz & Yépez, 2005; Díaz, 2015).

Además, no sólo se puede realizar un control de las materias primas per se, sino también de las características del proceso de elaboración, es decir, se puede determinar exactamente la temperatura y tiempo de cada uno de los pasos del proceso. Como consecuencia de estos hechos, la calidad de producto, así como la homogeneidad en cada fábrica de elaboración se ha incrementado, hasta ser prácticamente total en la actualidad.

A continuación, se van a presentar los ingredientes comunes y básicos que se utilizan durante el proceso de elaboración de la cerveza (Muñoz & Yépez, 2005; Pilla & Vinci, 2012; Díaz, 2015):

- Agua: aproximadamente, el 90% de la composición de la cerveza es agua, con ligeras variaciones entre unas cervezas y otras. Debido a que la mayor parte de esta bebida es agua, desde los inicios de su descubrimiento se ha puesto especial énfasis en que la calidad de este ingrediente se la máxima posible. Por ello, numerosas referencias antiguas en relación al estudio de la calidad de la cerveza, el primer factor que se consideraba para determinar si la bebida era de mejor calidad, era la influencia del agua y, en muchos casos, este factor era el que

determinaba la aceptación o no de una determinada cerveza o proceso de elaboración.

Como consecuencia de la crucial importancia de la calidad del agua de elaboración de la cerveza, es habitual encontrar las fábricas cerveceras instaladas en los márgenes de ríos o en las proximidades de manantiales, con el objetivo de obtener una gran cantidad de agua potable, la cual debe ser lo más pura posible a nivel microbiológico, es decir, sin exceso de sales y sin materia orgánica, constituyendo ambas cualidades las condiciones esenciales que se exigen exhaustivamente al agua. Además, el agua con la que se lleva a cabo la elaboración de la cerveza no debe tener ningún tipo de aroma, sabor o color que pueda conllevar una alteración de la calidad de la cerveza final obtenida.

Cabe destacar que, cada vez con más asiduidad, la cerveza se elabora en localidades diferentes, lo que conlleva que las aguas disponibles en cada una de ellas sean diferentes, conllevando que se proceda a la normalización de la composición, con objeto de lograr que la calidad de la cerveza sea uniforme, independientemente del lugar en el cual tuvo lugar su fabricación.

Debido a que en la actualidad se conoce el hecho de que las sales influyen en las reacciones enzimáticas y coloidales, es relativamente frecuente que durante el proceso de elaboración de la cerveza se lleve a cabo un tratamiento del agua, eliminando de esta manera los componentes minerales y, además, integrando los que se consideran oportunos según el producto final que se pretende conseguir.

Actualmente, los conocimientos acerca de los elementos del agua que contribuyen a la obtención de un tipo de características u otras, los avances al respecto en el proceso de la elaboración de la cerveza son muchos. Así, en el “Libro de Oro de la cerveza”, el cual fue editado por cerveceros de nuestro país, aparecen especificados unos principios que sirven a las fábricas de elaboración de cerveza como guía para conseguir las características deseadas en su producto:

- ✓ Los sulfatos: ayudan a conseguir un sabor seco a la cerveza.
- ✓ El sodio y el potasio: contribuyen a proporcionar un sabor salado a la cerveza.

- ✓ El calcio: lleva a cabo la precipitación de los fosfatos, reduce el pH e incrementa el nitrógeno que es capaz de ser asimilado por parte de las levaduras. Así, se consigue una mejora de la floculación y, como consecuencia, se obtiene una cerveza con más grado de pureza. Para la elaboración de casi todas las cervezas se requiere un nivel de calcio constante durante todo el proceso, ya que esta constancia contribuye a controlar el nivel del pH, favorece la acción enzimática de las levaduras, y ayuda a que conserven el contenido en polifenoles, los cuales contribuyen al sabor de la cerveza.
- ✓ Bicarbonatos: su presencia produce alcalinidad en la cerveza, por lo que durante el proceso de elaboración de esta bebida debe llevarse a cabo la descarbonatación del agua con objeto de disminuir esta alcalinidad.
- ✓ Iones: deben reducirse, por lo que se lleva a cabo una desmineralización.
- ✓ Sales: se pueden eliminar o concentrar, según el tipo de producto final buscado. Para poder llevar a cabo esto, se realiza electrodiálisis o electrodiálisis inversa, según el objetivo. La eliminación de sales también se puede llevar a cabo por ósmosis.
- ✓ Materia orgánica: se puede eliminar por ósmosis.
- ✓ Cloro: se puede eliminar del agua mediante un proceso de filtración.
- Cebada: si bien es cierto que se pueden fabricar cervezas con muchos tipos de cereales, el cereal que de manera general se utiliza a nivel mundial para la elaboración de la cerveza es la cebada. La elección predilecta de este tipo de cereal se debe, principalmente, a que su grano es más rico en almidón y, además, proporciona las proteínas que las levaduras necesitan para alimentarse adecuadamente.

Sin embargo, es de destacar que existen diferentes tipos de cebada, entre las que se encuentran:

- ✓ Cebada cervecera: se trata de una cebada de grano grueso, uniforme, que es de color amarillo claro, y que se encuentra sin presencia de ningún tipo de contaminación. Este tipo de cebada se clasifica como de dos carreras.
- ✓ Cebada caballar: este tipo de cebada es la que se utiliza de manera rutinaria para la alimentación animal.

Este hecho de la existencia de diferentes tipos de cebada conlleva que no tengan todas la misma composición, es decir, que sus propiedades varían de otra. Además, no todas las fábricas de cerveza buscan las mismas propiedades, por lo que es labor de las mismas el llevar a cabo la elección del tipo de cebada que necesitan para obtener su producto final deseado.

Sea cual sea el tipo de cebada utilizada, deben cumplirse unas premisas en relación a este cereal, con objeto de que el proceso de elaboración de la cerveza de lugar a los resultados esperados. Así, el grano debe tener un tamaño mínimo (de manera habitual suele exigirse un tamaño superior a 2,8 milímetros), debe de encontrarse totalmente maduro, tener un contenido bajo de humedad (inferior al 10%), contener un elevado contenido en almidón, con el fin de que sea desdoblado en azúcares por parte de las enzimas y, posteriormente, estos azúcares se transformen en alcohol.

Finalmente, indicar que habitualmente al grano de cereal se le somete al proceso de malteado, que consiste en la germinación del grano por medio de la introducción en agua, siempre manteniendo unas condiciones de temperatura y cantidad adecuada. Cuando el grano ha absorbido el agua que necesita, se desdobra el almidón, momento en el que se produce la detención del proceso de germinación, procediéndose posteriormente al tostado.

- Levaduras: son el elemento activo responsable de que se produzca la fermentación entre los dos ingredientes expuesto anteriormente, es decir, entre el agua y la harina obtenida del cereal, que de manera rutinaria es la cebada, tal y como ha sido expuesto en el párrafo previo de este trabajo.

Las levaduras implicadas en el proceso de fermentación son, específicamente, del género *Saccharomyces*, cuyo término significa “comedores de azúcar”. Existen dos tipos diferentes fundamentalmente:

- ✓ *Cerevisiae*: esta levadura fue identificada por primera vez por Pasteur, encargado además de su descripción, y es considerada la principal responsable de las reacciones de fermentación altas, es decir, aquellas que se producen próximas a los 15 °C de temperatura.
- ✓ *Calbergensis*: esta levadura actúa a temperaturas bajas.

Si bien cabe destacar que la integración de las levaduras en el proceso de la elaboración de la cerveza no se llevó a cabo durante los primeros tiempos de la historia de la cerveza, ya que hasta el Siglo XV, la fermentación de la cerveza se producía de manera espontánea. Fue a partir de dicho siglo cuando se comenzó a integrar levadura, o incluso los restos de una producción previa conteniendo microorganismos vivos, los cuales sólo se encontraban activos a temperaturas elevadas que oscilaban entre los 15 y los 25°C.

Aunque la mayor parte de las cervezas se elaboran integrando el proceso de la fermentación, cabe citar que en la actualidad continúan existiendo cervezas cuya fermentación se produce de manera espontánea, si bien son las minoritarias. En estos casos, las levaduras activas pertenecen al género *Brettanomyces*, que es el responsable de un tipo de cervezas (conocidas como “lambic”), las cuales se elaboran con una mezcla de granos de cebada malteada y trigo crudo, y cuya máxima valoración de estas cervezas se produce en Bélgica.

- Lúpulo: cuyo nombre científico es *Humulus lupulus*, se trata de una planta de tipo trepadora dioica, la cual fue utilizada en la antigüedad como medicinal, sobre todo, como tratamiento frente a patologías renales. Esta planta produce flores tanto masculinas como femeninas, las cuales la monja Hildegarda de Bingen (1098-1179) comenzó a utilizar hace casi 1000 años con objeto de aportar aroma a la cerveza. Esta monja nació en Alemania y fue pintora, poeta, compositora, científica, doctora, filósofa, mística, naturalista y profeta, siendo declarada doctora de la Iglesia el 7 de octubre de 2012 por el papa Benedicto XVI. A ella se le debe el aroma de la cerveza, por lo que, si bien no es la descubridora de esta bebida, su aportación en este sector es crucial debido a la inclusión del lúpulo. En la actualidad, este tipo de planta se continúa utilizando con el mismo fin, es decir, con el de aromatizar la cerveza.

Es de destacar que el principio activo de esta planta se conoce con el nombre de *lupulina*, que es el polvo glandular separado de los estróbilos del lúpulo, y es la que aporta aromas y un sabor amargo que contrarresta al sabor dulce que se obtiene como resultado del desdoblamiento del almidón. Este principio activo está formado por diferentes elementos:

- ✓ Ácidos.



- ✓ Aceites esenciales: parecen estar presentes en número superior a 250, tal y como ha sido identificado por medio de cromatografía.
- ✓ Taninos: son los encargados de prolongar la vida de la cerveza.
- ✓ Fitoestrógeno.

En el sector cervecero, se diferencian tres tipos principales de lúpulo: los amargos, los aromáticos y los mixtos. Además, se pueden encontrar en dos formatos diferentes de uso: en extracto (pellet), siendo ésta la forma habitual de encontrarlo, y en polvo. De cualquier forma, es esencial para que se mantenga la actividad de sus componentes el que se conserve adecuadamente y, por supuesto, siempre en frigorífico.

## 2.4. Tipos de cerveza

Cabe comenzar este punto indicando que es muy complicado identificar los tipos de cerveza que existen de manera exhaustiva, ya que, en la actualidad, hay numerosos cerveceros repartidos por todo el mundo. A este factor se le debe añadir, además, que de manera habitual se puede tanto detener como implementar la fabricación de un tipo de cerveza (Díaz, 2015).

Las cervezas se pueden clasificar atendiendo a diferentes factores, entre los que destacan (Muñoz & Yépez, 2005; Pilla & Vinci, 2012; Díaz, 2015):

- La materia prima que se emplea para la fermentación: generalmente se usan cereales y, dentro de este grupo, la cebada es el más empleado. Sin embargo, existe la posibilidad de que la materia prima sea el trigo, la avena, el centeno o el maíz. Además, en ocasiones se utiliza como materia prima productos diferentes a los cereales, por ejemplo, las raíces de una amplia diversidad de plantas, vainas de algarrobo, mandioca, maguey, piñas, y cualquier otro elemento que tenga la capacidad para que, bien sus azúcares de composición o los procedentes del desdoblamiento de almidones, estén capacitados para ser utilizados como alimento de las levaduras.
- Lugar de elaboración: existen clasificaciones de los tipos de cervezas que existen basadas en los lugares de elaboración de las mismas, si bien es una clasificación que no se considera habitual.

- Lugar de procedencia del agua empleada para su elaboración: como se indicó en el punto correspondiente de este trabajo, el agua constituye aproximadamente el 90% de los ingredientes de la cerveza, por lo que su calidad es determinante para la obtención de un producto final adecuado. Debido a esta importancia, existen autores que clasifican las cervezas según el lugar de donde procede el agua que se utiliza para la elaboración de las mismas. Sin embargo, tampoco es una clasificación que se utilice de manera rutinaria.
- Tipo de fermentación: esta es, sin duda, la clasificación más comúnmente utilizada para exponer los diferentes tipos de cerveza que existen en la actualidad, habiendo sido establecida además por la Asociación de Cerveceros.
  - ✓ *Cervezas de baja fermentación*: son las que, como su propio nombre indica, fermentan a temperaturas bajas, considerándose como tal las que oscilan entre los 0 y los 4°C. Son las también denominadas **cervezas de la familia de las Lager**, término que en alemán significa “almacén”, ya que antiguamente eran conservadas en los almacenes con objeto de que se mantuvieran a bajas temperaturas.

Las características generales de estas cervezas son: espumosas, suaves, ligeras, de color ambarino o negro. Dentro de esta familia se pueden subclasificar en diferentes tipos:

- **Pilsen**: son cervezas elaboradas con cebada malteada, de color pálido característico, con tiempo de maduración de 1 a 2 meses y con un 4,5-5,5% de alcohol.
- **Lager Pálidas de Baviera – Münchner Hell**: son cervezas menos secas que las anteriores, con más cuerpo, más oscuras y con un 4,5-5% de alcohol.
- **Lager Oscuras – Münchner Dunkel**: son cervezas caracterizadas por su color entre rojo amarronado y negro carbón y con un 5-5,5% de alcohol.
- **Estilo Vienna – Märzen/Okttoberfest**: son cervezas de color bronce o cobre, con mucho cuerpo y con un 5-6% de alcohol.
- **Dortmunder Export**: son cervezas de color dorado pálido, semisecas.

- **Bock:** son cervezas características lager, hechas de cebada y trigo, con mucho cuerpo y con un 4,5-6,5% de alcohol.
  - **Doppelbock:** son cervezas características lager, más fuertes que las anteriores, con mucho cuerpo y con un 6,5-10% de alcohol.
  - **Weizenbock:** son cervezas características lager, con mucho cuerpo y con un 4,5-6,5% de alcohol.
  - **Maibock:** son cervezas características lager, de color dorado, fuertes, con mucho cuerpo y con un 4,5-6,5% de alcohol.
  - **Eisbock:** son cervezas características lager, con mucho cuerpo y con un 4,5-6,5% de alcohol.
- ✓ *Cervezas de alta fermentación:* son las que, como su propio nombre indica, fermentan a altas temperaturas, considerándose como tal las que lo hacen hasta los 24 °C. Son las también llamadas **cervezas de la familia de las Ale**.

Las características generales de estas cervezas son: muy aromáticas y con cuerpo muy marcado. En relación al color, pueden ser pálidas u oscuras, y se pueden encontrar incluidas en este grupo cervezas con mucho o poco cuerpo, así como ser de alta o baja gradación de alcohol. Las características dependerán, principalmente, del tipo de malta y lúpulo utilizada en su proceso de elaboración.

Dentro de esta familia se pueden subclasificar en diferentes tipos según su lugar de procedencia:

❖ De estilo británico

- **Pale Ale:** son cervezas poco amargas, poco densas, de color ámbar o bronce y con un 4-5% de alcohol.
- **Brown Ale:** son cervezas fuertes, de color tostado, de sabor característico a malta, afrutadas y secas.
- **Mild:** son cervezas poco amargas, de cuerpo ligeras, suaves, poco secas y con un 3-4% de alcohol.
- **Bitter:** son cervezas más amargas que las anteriores, de color pálido, secas y con un 3,5-4% de alcohol.
- **Old Ale:** son cervezas poco dulces, de color oscuro, con mucho cuerpo y con un 5,5-8,5% de alcohol.

- **Scotch Ale:** son cervezas elaboradas con maltas de origen escocés. Son menos amargas que las inglesas, tienen más cuerpo, son más dulces y su color es tostado o marrón oscuro.
- **Ale irlandesa:** son cervezas de un color rojizo característico, con sabor afrutado.
- **Barley Wine:** son cervezas envejecidas en barriles durante meses y con un elevado contenido de alcohol (6-12%).

❖ De estilo Belga

- **Ala Belgas:** son cervezas suaves, afrutadas, con gran sabor a malta, de color ámbar rojizo o cobre, densidad media y con un 5% de alcohol.
- **Ale tostada:** son cervezas agridulces, de sabor intenso y color tostado, y con un 5-6% de alcohol.
- **Ale roja:** son cervezas muy ácidas, color rojo. Maduran en cubas de madera durante un año.
- **Ala dorada fuerte:** son cervezas de color dorado característico, afrutadas, con mucha espuma, secas, y con 8% de alcohol.
- **Trapense:** son cervezas son segunda fermentación en botella, afrutadas, la mayoría dulces y con un 5-11% de alcohol.
- **Saison de temporada:** son cervezas de color anaranjado, espuma muy densa, frescas, afrutadas y burbujeantes.

❖ De estilo Alemán

- **Altbier:** son cervezas que maduran en frío durante semanas, se hacen con trigo malteado, son de color ámbar y con un 4,5-5% de alcohol.
- **Kölsch:** son cervezas de color dorado pálido, delicadas, suaves, afrutadas y con un 5% de alcohol.

Dentro de este grupo de cervezas de fermentación alta merece hacer mención a aquellas cervezas que no están hechas con cebada exclusivamente, sino con una mezcla de cebada y trigo, pudiendo maltearse el trigo o no, según preferencia de los fabricantes. Este tipo de cervezas, denominadas **Cervezas de trigo**, tienen carácter ácido, refrescante y espumoso, y entre ellas se encuentran:

- **Blancas de Berlín – Berliner weisse:** son cervezas fabricadas con 25-50% de trigo, siendo el resto cebada. Se suelen maltear los dos cereales, y es la cerveza más refrescante del mercado, con un bajo contenido en alcohol (3%).
  - **De trigo del sur de Alemania – Weizenbier:** son cervezas fabricadas con 40-70% de trigo, el cual es malteado con la cebada, desarrollando una segunda fermentación. Tienen una espuma muy densa, cremosa y duradera. Son ligeras, afrutadas y muy refrescantes. Tienen 5% de alcohol.
  - **De trigo Belga – Witbier / Bière blanche:** son cervezas fabricadas con un 30-50% de trigo sin maltear, siendo el resto cebada malteada y, además, suele añadirse algo de avena. Tienen un sabor grande a cereal, y es ligera y refrescante.
- ✓ *Cervezas de fermentación espontánea:* son las cervezas que se producen tras la acción de cepas ambientes, es decir, no cultivadas. La mayoría de este tipo de cervezas van perdiendo su carácter local inicial, y se están universalizando. Son las también llamadas **cervezas de la familia de las Lambic**.

Las cervezas pertenecientes a este grupo suelen ser ácidas y poco amargas, ya que los lúpulos que se utilizan son envejecidos con objeto de evitar el amargor. Las más conocidas por los consumidores son:

- **Lambic:** son cervezas hechas con un 30-40% de trigo, y el resto cebada que se maltea ligeramente, mientras que el trigo se usa en crudo. Su contenido en alcohol oscila entre 4-6%.
- **Gueuze:** son cervezas que se obtienen de la mezcla de lambic envejecida con lambic joven. Esto conlleva una segunda fermentación en la botella, por lo que posee más gas carbónico y espuma.
- **Faro:** son cervezas obtenidas a partir de la lambic base, a la cual se le añade azúcar, por lo que son muy dulces y burbujeantes.

### **3. Análisis social**

#### **3.1. Introducción**

Con el objetivo de finalizar el estudio del sector cervecero desde un punto de vista práctico y real, se ha decidido la realización de un análisis social. Para ello, se ha llevado a cabo una investigación de tipo cuantitativo con objeto de evaluar tanto la viabilidad como la necesidad de ejecución del presente trabajo, desde una perspectiva social.

Para la recogida de los resultados que permitirán la realización de este tipo de análisis se ha seleccionado la técnica de la encuesta, por considerarse sencilla, rápida, de y de elevado valor, considerando que constituye la técnica más adecuada para la obtención de datos del trabajo presentado.

La encuesta que se ha elaborado consta de dieciséis preguntas, y ha sido distribuida entre diversos grupos de fácil acceso: familia, amigos, desconocidos que se han contactado tanto a través de internet en foros relacionados con la temática del trabajo como a través de los grupos de familia y amigos, y compañeros de Universidad. Todos los participantes en la encuesta habitan en la zona de Barcelona y alrededores.

#### **3.2. Tamaño de la muestra**

En primer lugar, es de crucial importancia la determinación del tamaño de la muestra que se debe incluir en el análisis social para obtención de resultados válidos y representativos. Para determinar dicho tamaño de muestra, se debe aplicar una fórmula u otra según el tipo de población de estudio. En el caso de este trabajo, debido a que aproximadamente conocemos cuántos elementos constituyen la población, vamos a considerar que se trata de una población finita.

Así, la fórmula que nos determinará el tamaño adecuado de muestra que debemos incluir en nuestro estudio es la siguiente (Martín et al., 2015):

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N-1) \cdot e + z^2 \cdot p \cdot q}$$

en la que:

- $n$  = número de elementos de la muestra que necesitamos conocer
- $z$  = nivel de confianza
- $p$  = probabilidad de éxito o proporción esperada
- $q$  = es  $1-p$ , y se define como la probabilidad de fracaso
- $N$  = tamaño de la población
- $e$  = error máximo permitido (en términos de proporción)

Se considera que el tamaño de la población ( $N$ ) susceptible de estudio en este trabajo se trata del número de usuarios que consumen cerveza, independientemente de la frecuencia con la que lo hacen. Los últimos informes sobre la población en Cataluña indican que en el año 2018 la cifra alcanzó 7,5 millones de habitantes, de los cuales 6 millones son mayores de 18 años (Idescat, 2018). Según los datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Salud de España (ENSE) de 2017, el 82,1% de la población adulta en Cataluña consumen alcohol (ENSE, 2017). Además, en esta Comunidad Autónoma (CCAA), la cerveza es el tipo de bebida alcohólica que más se consume, representando un 55% del total de alcohol ingerido según la Encuesta Europea sobre Alcohol (SEAS) de 2017 (SEAS, 2017). Unificando todos estos datos presentando, más probablemente, aproximadamente 4 millones de personas consumen cerveza en esta CCAA ( $N = 4000000$ ).

Por otro lado, se toman los valores de  $p$  y  $q$ , por el criterio de máxima varianza, como 0,5; y, las variables  $z$  y  $e$  por niveles de confianza se presentan en la Tabla 3.1., así como el resultado del tamaño de la muestra ( $n$ ).

Certeza	95%	94%	<b>93%</b>	92%
$z$	1,96	1,88	<b>1,81</b>	1,75
$e$	0,05	0,06	<b>0,07</b>	0,08
$n$	416	266	<b>181</b>	130

**Tabla 3.1.** Tabla utilizada como base al cálculo del tamaño de una muestra de acuerdo a diferentes niveles de confianza. Fuente: elaboración propia

En nuestro trabajo, el número de elementos se define atendiendo a las características de la población diana, a los recursos de los cuales disponemos y, sobre todo, al tiempo del cual disponemos; así, otorgamos un valor  $n$  de 174, el cual, de manera aproximada según la tabla anteriormente expuesta (Tabla 3.1.), corresponde a un nivel de confianza de 93%, con un error del 7%.

### **3.3. La encuesta**

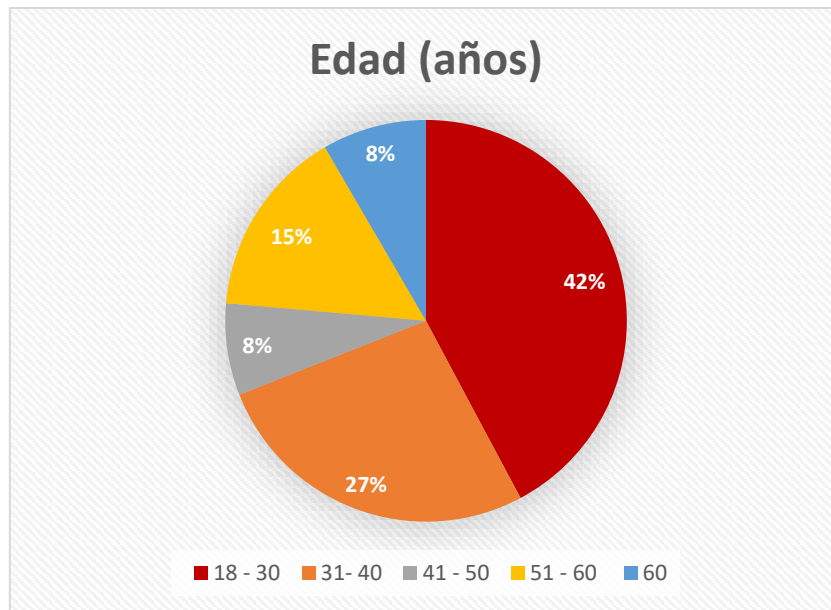
Hasta este punto del presente trabajo, los datos referentes al sector cervecero que se han presentado han sido cualitativos, todos ellos obtenidos de la búsqueda bibliográfica exhaustiva que se ha llevado a cabo con el fin de conocer tanto el origen y la historia como el estado actual de este sector tan extendido por todo el mundo, cuyo consumo genera una repercusión en todos los ámbitos, entre ellos el social, en la mayor parte de los países.

A través de la encuesta que se ha elaborado, el objetivo es conocer y analizar, por un lado, el perfil que tienen los consumidores de cerveza dentro de nuestra sociedad y, por otro lado, las preferencias de los consumidores de la zona estudiada en relación a esta bebida. Con los resultados obtenidos de la encuesta y su posterior análisis, pretendemos enmarcar de una manera más certera y exhaustiva la situación en la que se encuentra el sector cervecero en nuestra zona, sobre todo, con objeto de poder obtener conclusiones reales acerca de la visión que tiene la población del sector, de las necesidades existentes en el mismo, y de las preferencias y beneficios reportados de la cerveza, intentando potenciar el valor del sector. Además, los datos obtenidos integran una parte esencial del presente trabajo, confiriéndole forma e introduciendo desde una perspectiva cuantitativa los puntos que se desarrollarán posteriormente, sobre todo, el caso práctico que se presentará como parte final del mismo.

A continuación, se presentan las cuestiones incluidas en la encuesta, así como sus resultados respectivos:

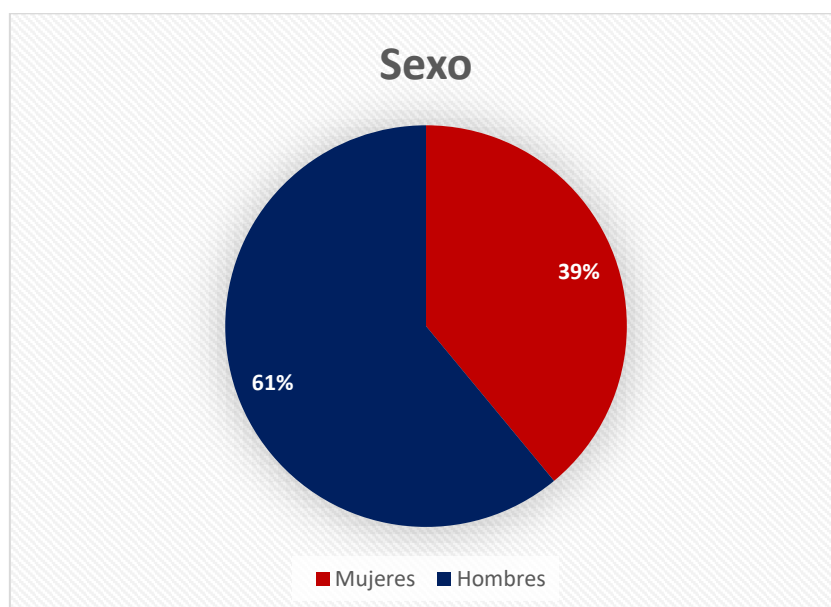
1. **Edad:** la encuesta se ha enviado a personas mayores de edad exclusivamente, si bien, se ha intentado que las edades de los encuestados sean dispares y abarquen el mayor rango posible, con el fin de que la muestra sea lo más representativa posible.





**Figura 3.1.** Resultados obtenidos de la cuestión 1. Fuente: elaboración propia

2. **Sexo:** se ha intentado que la muestra en relación al sexo sea equitativa, ya que, aunque cada vez las diferencias en relación al sector cervecero son menores según los datos estadísticos a nivel nacional, pensamos importante que la muestra sea lo más equitativa posible para evitar sesgo en los resultados.



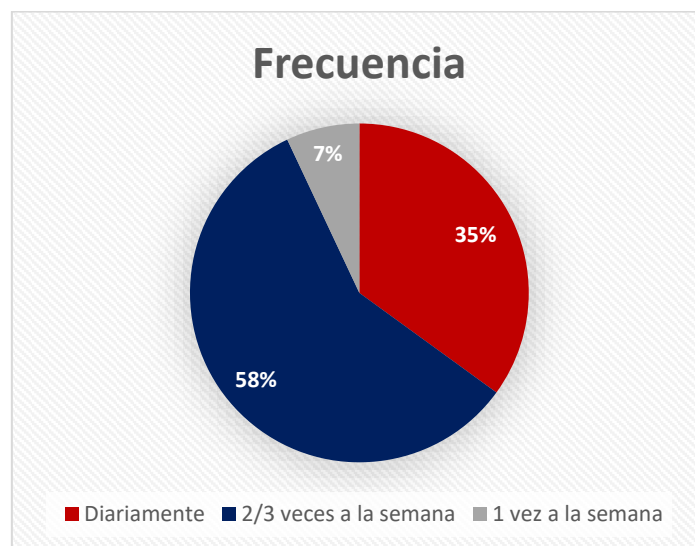
**Figura 3.2.** Resultados obtenidos de la cuestión 2. Fuente: elaboración propia

3. **¿Consume cerveza?:** se ha planteado una pregunta dicotómica con sólo la posibilidad de contestar “sí” o “no”. Esta pregunta permite focalizar la población de estudio que interesa en la presente encuesta, es decir, aquella consumidora de cerveza.



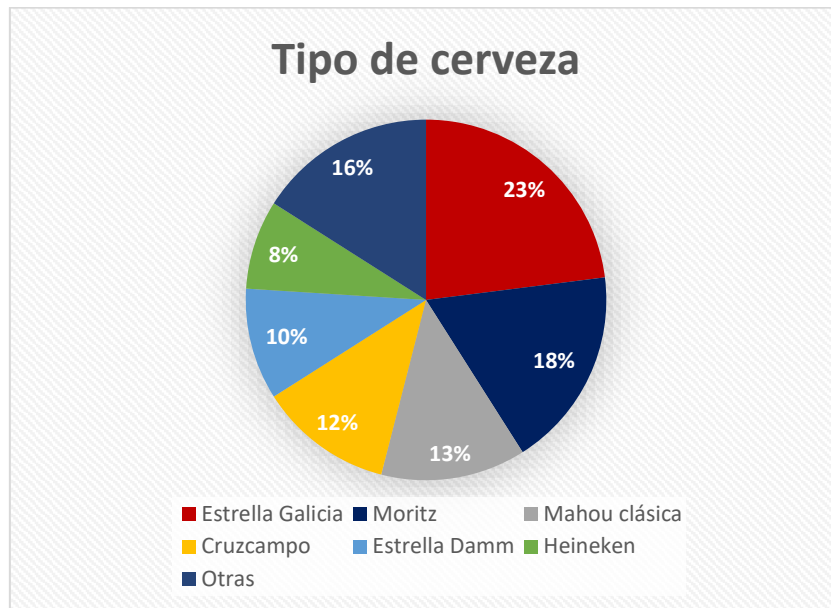
**Figura 3.3.** Resultados obtenidos de la cuestión 3. Fuente: elaboración propia

4. **Frecuencia del consumo de cerveza** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ).



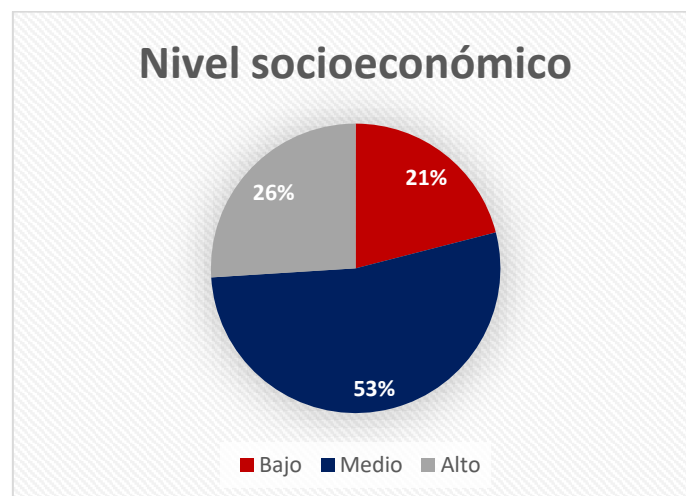
**Figura 3.4.** Resultados obtenidos de la cuestión 4. Fuente: elaboración propia

5. **¿Qué tipo de cerveza consume de manera más habitual?:** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Esta pregunta nos permitirá seleccionar las alternativas (tipos de cerveza) a considerar en el caso práctico del presente trabajo.



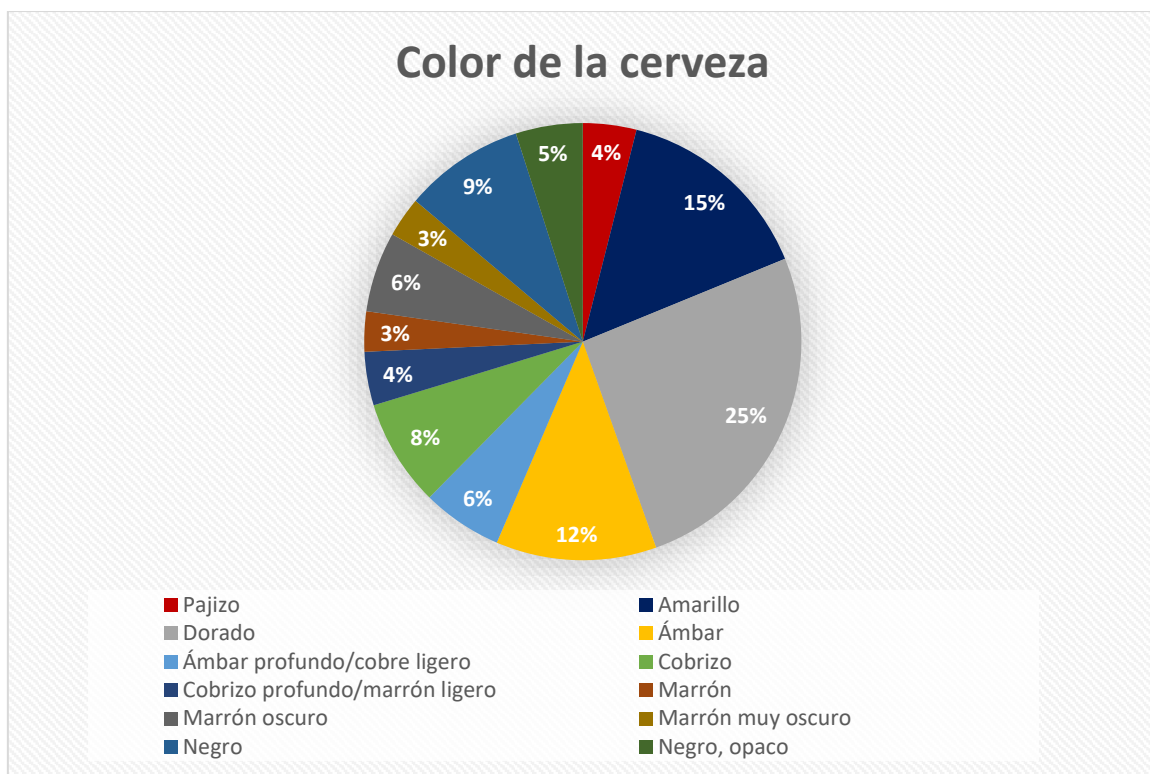
**Figura 3.5.** Resultados obtenidos de la cuestión 5. Fuente: elaboración propia

6. **Estatus/nivel socioeconómico** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Esta pregunta nos permite determinar si la muestra es adecuada respecto al factor socioeconómico, es decir, si los datos obtenidos no pudieran estar condicionados por el hecho de que un alto porcentaje de la muestra pertenezca a un estatus extremo, tanto a la alta como a la baja.



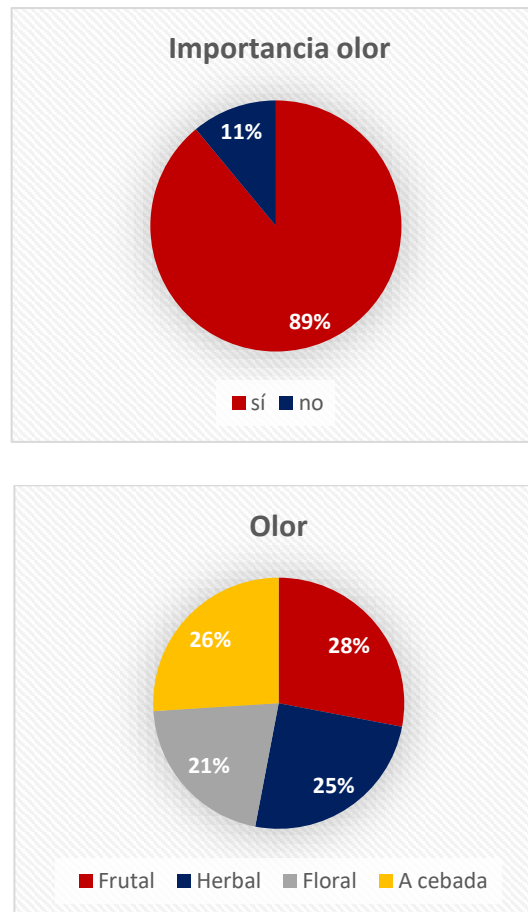
**Figura 3.6.** Resultados obtenidos de la cuestión 5. Fuente: elaboración propia

7. **¿Las cervezas de qué color le resultan más apetecibles?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). El color es una de las características principales de las cervezas, por ello, se les ha planteado a los encuestados la categorización del color según la guía BJCP. El resultado obtenido tras la realización de esta pregunta permitirá incluir al color como criterio de selección y su categorización se verá influenciada por dicho resultado, con objeto de focalizar lo máximo posible las respuestas más habituales de los decisores.



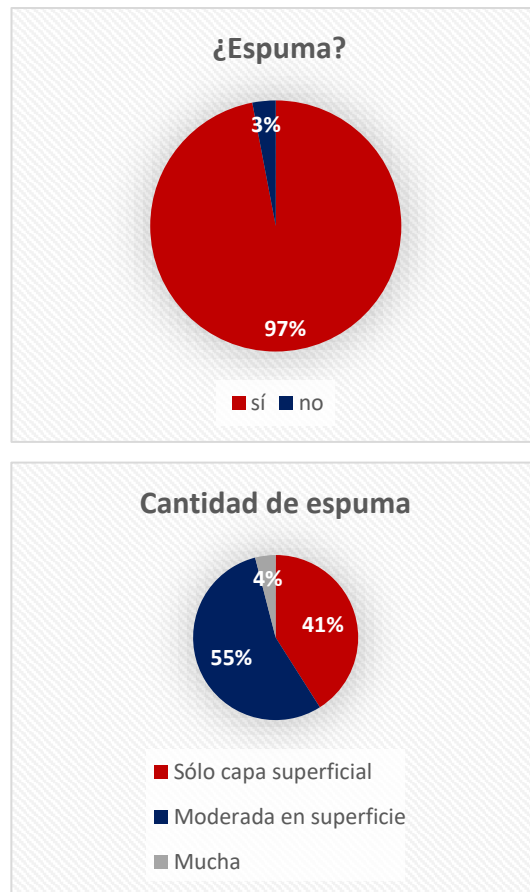
**Figura 3.7.** Resultados obtenidos de la cuestión 6. Fuente: elaboración propia

8. **¿Tiene en cuenta el olor de las cervezas para su elección? Si lo hace, ¿qué olor le agrada más?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). El olor es una de las características que más llama la curiosidad de los consumidores de cerveza, siendo habitualmente identificados por los consumidores de cerveza los olores a frutas, hierbas, flores y cereal (principalmente, cebada).



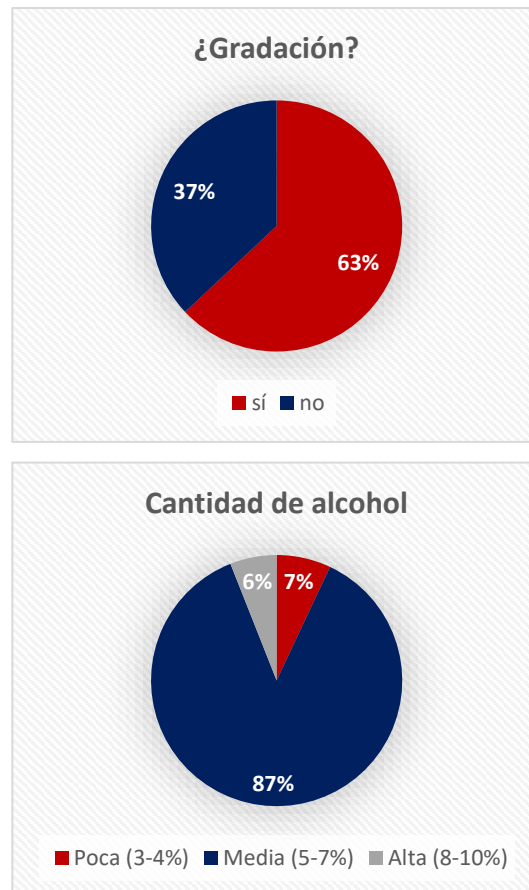
**Figura 3.8.** Resultados obtenidos de la cuestión 7. Fuente: elaboración propia

9. **¿Le gusta la cerveza con espuma? Si la respuesta es afirmativa, ¿con cuánta cantidad de espuma?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). La espuma se forma cuando un gran número de burbujas de dióxido de carbono suben a la superficie de la bebida y explotan, evitándose en gran medida el contacto del líquido con el aire, conllevando que la cerveza no se oxigene y no pierda el gas rápidamente. La cantidad y calidad de las proteínas constituyentes de la cerveza influyen también en la formación de espuma, así como la superficie del vaso, el tipo de cerveza, la cantidad de alcohol y la temperatura, entre otros factores. Así, la formación de espuma se considera un criterio multifactorial. La importancia de la espuma es tanto estética (apetecible) como funcional



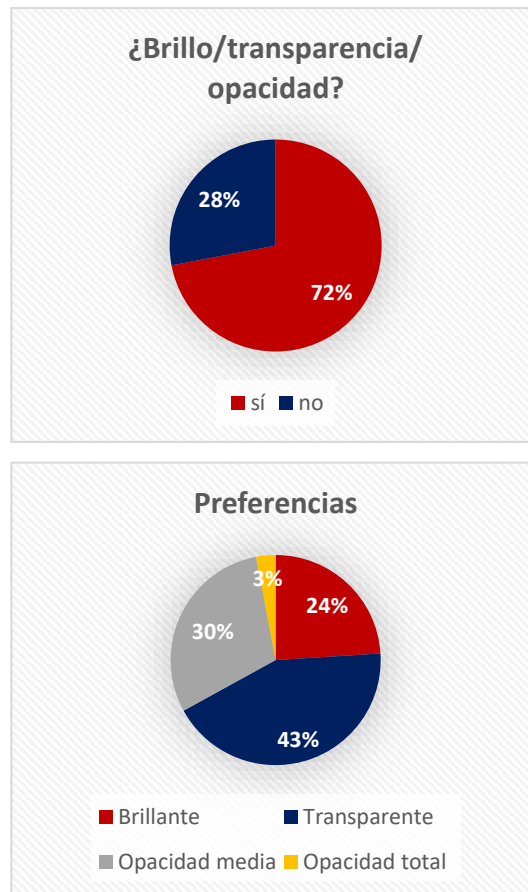
**Figura 3.9.** Resultados obtenidos de la cuestión 8. Fuente: elaboración propia

10. **¿Tiene en cuenta la gradación de la cerveza en el momento de su elección? Si la respuesta es afirmativa, ¿qué gradación prefiere?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). La gradación se trata de una característica importante de la cerveza, si bien cabe destacar que no existe una categorización universal y consensuada referente a dicha característica.



**Figura 3.10.** Resultados obtenidos de la cuestión 9. Fuente: elaboración propia

11. **¿Se fija en el brillo/transparencia/opacidad de las cervezas que consume? Si la respuesta es afirmativa, ¿cuál prefiere)** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Esta característica puede ser adecuada o no según el estilo de cerveza considerado. La turbidez de la cerveza tiene varios orígenes, aunque suele estar asociado con el grado de filtración que se realice en la cerveza, si bien otros autores indican que la presencia de lavaduras también influye.

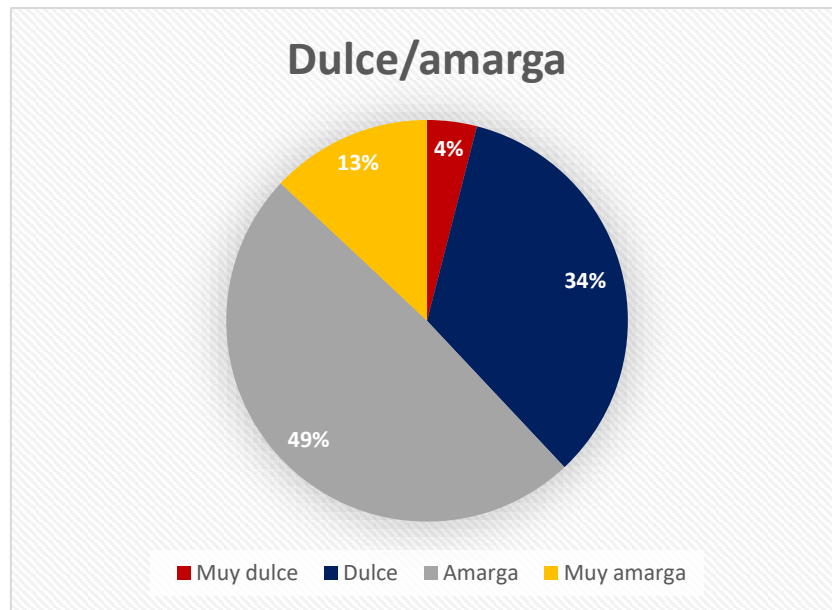


**Figura 3.11.** Resultados obtenidos de la cuestión 10. Fuente: elaboración propia

**12. ¿Prefiere las cervezas dulces o amargas?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ).

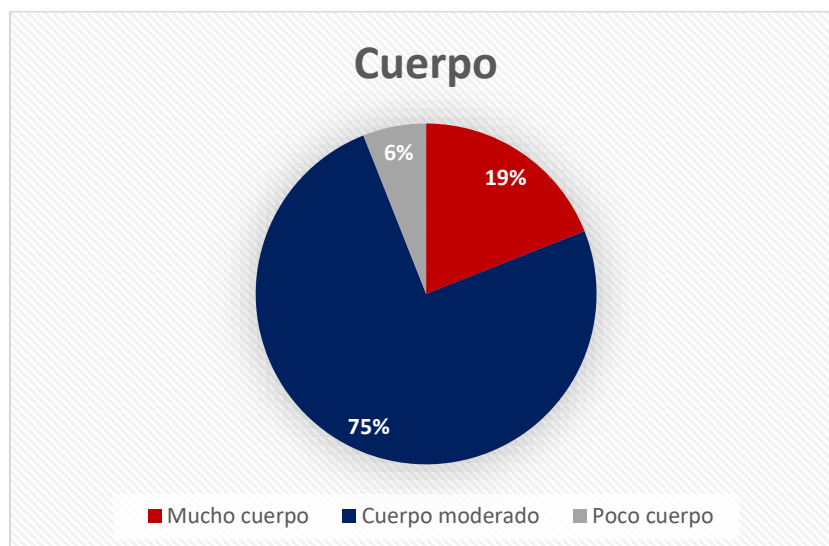
El amargor de la cerveza es una característica propia de esta bebida. El grado de amargor de una cerveza suele estar influenciado por el lúpulo, los taninos, la malta y los minerales que se encuentren en el agua utilizada en el proceso de elaboración; por otro lado, el grado de dulzura parece estar influenciado también por el lúpulo y la malta y, además, por los esteres producidos durante la fermentación y por el diacetilo generado igualmente en la fermentación





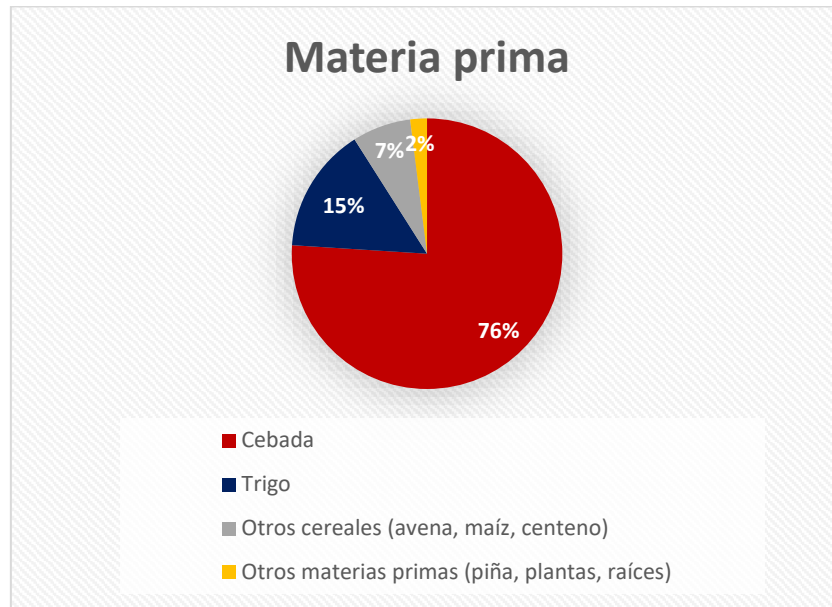
**Figura 3.12.** Resultados obtenidos de la cuestión 11. Fuente: elaboración propia

13. **¿Prefiere las cervezas con mucho cuerpo o con poco?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Esta característica de la cerveza hace referencia a la textura de la misma o de cómo se siente físicamente en la boca del consumidor, es decir, se trata de una percepción de esta parte anatómica



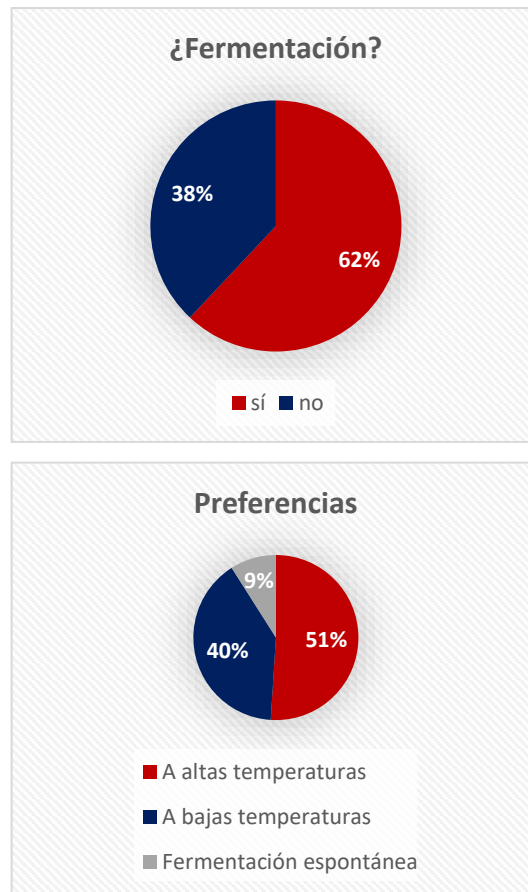
**Figura 3.13.** Resultados obtenidos de la cuestión 12. Fuente: elaboración propia

14. **En función de la materia prima que se ha utilizado para la elaboración de la cerveza, ¿cuál prefiere?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Esta pregunta nos ayudará a determinar la categorización más adecuada en el caso práctico del presente trabajo.



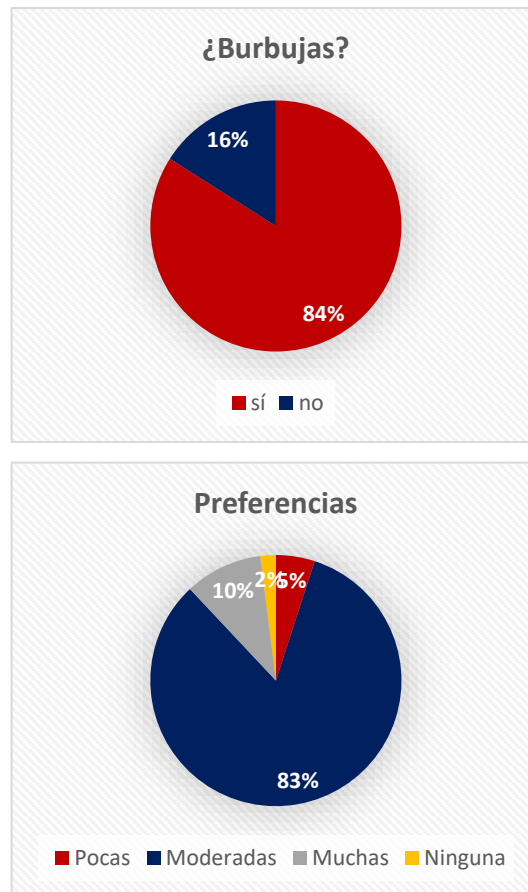
**Figura 3.14.** Resultados obtenidos de la cuestión 13. Fuente: elaboración propia

15. **¿Tienen en cuenta el tipo de fermentación que se ha utilizado en la elaboración de las cervezas para tomar una decisión en el momento de consumirlas? Si la respuesta es positiva, ¿cuál prefiere?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ )



**Figura 3.15.** Resultados obtenidos de la cuestión 14. Fuente: elaboración propia

16. **¿Se fija en el contenido en burbujas de las cervezas? Si la respuesta es positiva, ¿cuál prefiere?** (si la cuestión 3 fue positiva,  $n = 150$ ). Las burbujas son una característica de determinados tipos de cerveza, y la preferencia por parte de las personas encuestadas ayudará a la inclusión de esta característica como posible criterio de selección de la bebida en el caso práctico del presente trabajo.



**Figura 3.16.** Resultados obtenidos de la cuestión 15. Fuente: elaboración propia

### 3.4. Conclusiones

Posteriormente al proceso de realización de la encuesta y obtención y análisis de los resultados derivados de la misma, se han alcanzado una serie de conclusiones, las cuales van a ir presentándose a continuación en orden de las cuestiones realizadas en la encuesta.

La categorización de la muestra que ha sido incluida en nuestro análisis social, independientemente de su relación con el sector cervecero, indica que la mayor parte de los encuestados eran jóvenes de entre 18 y 30 años (42%), mientras el siguiente rango de edad más representado ha sido el de las personas entre 31 y 40 años (27%). Este hecho puede ser debido tanto a que son los jóvenes de estas edades quienes constituyen el grupo de amigos de la persona que ha realizado este trabajo, como a que estos están más inmersos en las redes sociales, que ha sido uno de los instrumentos de divulgación de la encuesta.

En relación al sexo de las personas que han respondido a la encuesta, un 61% fueron hombres y un 39% mujeres, constituyendo una muestra aceptable en relación al sexo. Es importante este dato, debido a las posibles diferencias existentes entre ambos sexos en el sector cervecero.

La pregunta que integra a los encuestados en el sector de la cerveza es la cuestión número 3, la cual determinó que 150 personas de las 174 incluidas en el análisis consumen cerveza (86%), independientemente de la frecuencia de consumo. Además, atendiendo al sexo, cabe destacar que de las 150 personas que respondieron de manera afirmativa, 92 fueron hombres (61%) y el resto mujeres (39%).

A partir de esta tercera cuestión de la encuesta, todos los resultados que se presentan son en base a las 150 personas que contestaron afirmativamente a ella, ya que son la población implicada en el sector cervecero. Así, en relación a la frecuencia de consumo de cerveza, más de la mitad de los encuestados contestó que la ingieren 2/3 veces a la semana (58%), mientras que el 35% lo hacen diariamente, y sólo un 7% de manera esporádica (1 vez a la semana).

Aproximadamente la mitad de la muestra analizada como consumidora de cerveza pertenece a un status socioeconómico medio (53%), mientras que la otra mitad está prácticamente dividida en igual porcentaje en nivel alto y bajo. Respecto al color de cerveza preferido por los consumidores, se ha seguido la guía BJCO con objeto de estandarizar resultados, los cuales han indicado que un 25% de los encuestados prefieren la cerveza de color dorado, seguida de la amarilla (15%) y la ámbar (12%). El resto de colores están menos representados en nuestra muestra.

El 89% de las personas encuestadas que consumen cerveza indican que tienen en consideración el olor a la hora de elegir un tipo de cerveza u otro. Entre sus elecciones prioritarias, los porcentajes están muy igualados, es decir, no existe un olor que sea mayoritariamente preferido por los consumidores. La espuma, conocida como giste en el sector cervecero, es una característica particular de esta bebida, considerada meramente un hito estético por algunos autores, pero aportadora de numerosos beneficios por parte de otros. De los resultados de nuestra encuesta observamos que para prácticamente la totalidad de los consumidores (97%), prefieren las cervezas con espuma, si bien en relación a su cantidad,

aproximadamente la mitad han contestado que sólo una pequeña capa en superficie, mientras la otra mitad prefieren una capa moderada en superficie.

El contenido en alcohol de las cervezas varía entre 3 y 10 aproximadamente, y más de la mitad de los encuestados de nuestro trabajo (63%) han afirmado que tienen en cuenta el porcentaje de alcohol a la hora de seleccionar una cerveza u otra, prefiriendo la mayoría de ellos (87%) las cervezas con contenido medio de alcohol (5-7%). El resultado de la cuestión 10 determina que el 72% de los consumidores de cerveza tienen en cuenta el brillo/transparencia/opacidad de la cerveza al realizar su toma de decisión.

Aproximadamente la mitad de los encuestados prefieren la cerveza amarga (49%), mientras que un 34% la dulce, seguida de la muy amarga (13%) y, finalmente, sólo un 4% la prefieren muy dulce. Por otro lado, tres cuartos (75%) de los bebedores de cerveza las prefieren con cuerpo moderado, mientras que un 19% eligen las que tienen mucho cuerpo, y sólo un 6% las que tienen poco cuerpo.

En la actualidad, la materia prima que se utiliza fundamentalmente para llevar a cabo la fermentación el proceso de elaboración de la cerveza es la cebada, si bien existe una demanda cada vez mayor de cervezas de trigo. Además, está emergiendo la fabricación de cervezas fabricadas con otros cereales como la avena, el maíz o el centeno y, por otro lado, incluso bebidas cuya materia prima no son cereales. Los resultados de nuestra encuesta determinan que aproximadamente tres cuartos de los consumidores de cerveza (76%) prefieren aquellas fabricadas con cebada, mientras que el 15% las prefieren con trigo.

Otro de los criterios que pueden tenerse en cuenta a la hora de tomar una decisión de elección de cervezas es el tipo de fermentación que se ha llevado a cabo durante su proceso de elaboración. En los encuestados, el 62% han admitido tener en cuenta esta característica para seleccionar una cerveza, mientras que el 38% no. Dentro de los consumidores que validan este criterio, aproximadamente la mitad prefieren las de fermentación a altas temperaturas (51%), mientras un 40% las de bajas. Un 9% de los encuestados prefieren las cervezas que fermentan espontáneamente. La presencia de burbujas en la cerveza es un criterio de elección tenido en cuenta por el 84% de los encuestados, de los cuales, el 83% prefieren una

cantidad de burbujas moderada, mientras que el 10% muchas, y un porcentaje muy bajo indican que seleccionan las que tienen pocas o ninguna.

En conclusión, la realización del presente estudio social nos va a permitir guiar nuestro trabajo desde una perspectiva real de lo que acontece en relación al sector cervecero en nuestra zona. Pensamos que esta parte del trabajo aporta un valor notable a la correcta planificación de acciones, en las cuales se integran diversos métodos, técnicas y herramientas, con objeto de conseguir unos resultados finales acordes a la realidad, siempre bajo la disponibilidad tanto a nivel material como humana con la que se cuenta para contribuir al desarrollo del presente trabajo.

## 4. Análisis de los diferentes métodos de decisión multicriterio

### 4.1. Introducción

La decisión, según la Real Academia Española (RAE), el Diccionario Español Jurídico (DEJ) y el Consejo General del Poder Judicial (CGPJ), según el ámbito de aplicación, se define (RAE, DEJ y CGPJ, 2016):

- *“General: Acuerdo o resolución final de cualquier persona, organismo o establecimiento, público o privado.*
- *Derecho Procesal: Manifestación de la potestad resolutoria reconocida a los jueces y tribunales, que los faculta para resolver, mediante auto o sentencia, la pretensión sometida a su consideración.*
- *Derecho Europeo: Acto jurídico de carácter obligatorio en todos sus elementos adoptado por las instituciones de la UE, que puede dirigirse o no a un destinatario específico*
- *Derecho Administrativo: Resolución de un órgano competente de la Administración.*
- *Derecho Mercantil: Acuerdo societario.”*

El hecho de tomar decisiones es algo inherente a los seres humanos en todos y cada uno de los ámbitos de la vida y, además, constituye uno de los actos de mayor trascendencia, ya que genera consecuencias, en algunos casos, muy importantes. Todas las personas poseemos cierta capacidad de decisión, sin embargo, la complejidad con la que planteamos y llevamos a cabo la evaluación de los problemas difiere entre individuos. Así, la toma de decisiones se define como una capacidad netamente humana, la cual deriva del poder de razonar y del poder de la voluntad, es decir, el pensamiento racional y las preferencias o querencias unidas en una misma dirección con un único objetivo, el de elegir, según su criterio, la mejor entre las diferentes opciones existentes. Constituye el proceso de analizar, organizar y planificar para alcanzar dicho objetivo, y se puede presentar en diversos contextos: personal, laboral, social, empresarial, entre otros (Cabello Herce, 2017).



Focalizándonos en el entorno empresarial y económico que concierne al trabajo que estamos presentando y, teniendo en consideración la globalización que se está produciendo en las últimas décadas, lo cual está conllevando un enorme desarrollo tecnológico y difusión de la información, las organizaciones, por medio de sus directivos, se encuentran en la obligación permanente de tomar decisiones para hacer frente al conjunto tanto de oportunidades como de problemas que acontecen, y la importancia de tomar las decisiones más correctas para la organización está viendo incrementado su valor, sobre todo, en los últimos años. Así, en la actualidad, una correcta toma de decisiones puede garantizar la supervivencia de una organización, otorgándole ventajas competitivas sostenibles, mientras que, de lo contrario, una toma de decisiones ineficaz puede dirigir a la organización al fracaso (Muñoz y Romana, 2016).

Haciendo un breve enclave histórico, cabe destacar que la toma de decisiones en el ámbito de incertidumbre o riesgo es un problema asociado a juegos de azar, el cual se comenzó a estudiar en ámbito científico en el año 1654 por parte de los investigadores Pascal y Fermat, pero no fue hasta tres años después (1657) cuando Huygens introdujo por primera vez en la literatura la noción de esperanza matemáticas del valor monetario, estando basada en dicha noción una regla de decisión llevaba a cabo por los jugadores de azar durante los Siglos previos. Así, esta regla consiste en conseguir maximizar el valor monetario esperado, es decir, la suma de los productos de las probabilidades de los sucesos posibles por las ganancias que correspondan, y cuya evidencia asociada a la interpretación frecuencial de la probabilidad fue considerada indiscutible durante muchos años. Sin embargo, en el año 1738, Bernoulli, en la publicación de un trabajo notorio en el ámbito matemático, afirmó que el proceso de la toma de decisión depende de los valores, circunstancias y preferencias del decisor, y aportó ideas relevantes para el tratamiento de las decisiones en riesgo o juegos, haciendo referencia a la regla del valor esperado de la siguiente manera (Ríos, 1998):

*“En esta regla no se toma en consideración ninguna características de las personas, solo las características del juego. Realmente se trataría de establecer reglas mediante las que cada uno pudiera estimar sus perspectivas al tomar riesgos teniendo en cuenta sus circunstancias financieras”*

Sin embargo, no fue hasta el 1943, a partir de los trabajos de V. Neumann-Morgenstern, cuando comienza el tratamiento científico de los problemas de decisión individual, así como de las decisiones de concurrencia (Muñoz y Romana, 2016). En los años posteriores, con exponencial aumento en las últimas décadas, debido a la búsqueda de la máxima eficiencia posible, de la productividad y de la competitividad por parte de las empresas, se ha ido incrementando la búsqueda y desarrollo de diferentes metodologías de apoyo a la toma de decisiones complejas, sobre todo, en el contexto de problemas con múltiples criterios de selección (Martínez Rodríguez, 2007).

Así, para el tratamiento y análisis más adecuado de este tipo de problemas, se han desarrollado, con especial auge a finales de la década de los años 90, los denominados métodos de toma de decisión multicriterio (MCDM, del inglés “*Multi-Criteria Decision Marking*”), los cuales, además, han ido trascendiendo progresivamente del ámbito académico en el que comenzaron a desarrollarse tanto al ámbito público como al empresarial, y se han ido extendiendo de manera progresiva con el paso de los años, cada vez a mayor escala según las necesidades de la sociedad y, con más énfasis, desde un enfoque práctico (Martínez Rodríguez, 2007; Muñoz y Romana, 2016).

Los MCDM se han ido adaptando a diferentes ámbitos de actuación con el objetivo de conferir ayuda al decisor en el momento de alcanzar la mejor solución ante un problema, ámbitos tales como el de integración de parámetros socioeconómicos en estudios espaciales de riesgo sanitario (Peluso, Usunoff y Entraigas, 2003), el de la inversión empresarial en la cartera de negocios (Padilla y Guerrero, 2005), o el de tanto la valoración como la gestión de recursos de tipo medioambiental (Ospina Blandón, 2012). Así, en la actualidad, como consecuencia de tales adaptaciones, el uso de los MCDM alcanza diferentes campos tales como la economía, la política, las finanzas, la gestión medioambiental, la ingeniería civil, entre otros (Martínez Rodríguez, 2007), y tiene numerosas y diferentes aplicaciones, entre las que destacan las siguientes: localización de empresas, selección de contratistas o de maquinaria, definición de estrategias empresariales, predicciones de tipo financiero, y análisis y posterior selección de alternativas en infraestructuras (Muñoz y Romana, 2016).

En el proceso de toma de decisiones, de manera general, se pueden diferenciar las siguientes fases (Backer et al., 2001):

1. Identificación del decisor y de los interesados.

2. Definición del problema. En esta fase se debe identificar, al menos, las causas del problema y las interfaces con los interesados. El objetivo de esta segunda fase es definir de la manera más concreta posible cuál es el problema, describiendo las condiciones de partida y las que se pretenden conseguir.
3. Determinación de los requerimientos o restricciones, entendidas éstas como las condiciones que debe cumplir cualquiera de las soluciones aceptables del problema. Deben ser presentadas cuantitativamente, y determinarán el conjunto de posibles soluciones del problema planteado.
4. Establecimiento de los objetivos que se pretenden conseguir tras la toma de decisiones. Deben ser claros y concisos y, además, su jerarquización posibilitará el proceso de toma de decisiones multicriterio.
5. Identificación de alternativas, definidas éstas como la posibilidad que se puede elegir como posible solución o no. En esta fase, las alternativas deben ser identificadas y, si fuera posible, desarrolladas lo máximo posible. Además, cabe destacar que dichas alternativas deben cumplir las restricciones planteadas en la fase 3 del proceso.
6. Valoración de las diferentes alternativas a considerar: definición de criterios. En esta fase se deben definir las características que deben cumplir cada una de las alternativas para ser más o menos valoradas según pueda alcanzar los objetivos definidos en la fase 4 del proceso, los cuales son representados por los criterios. Según Baker et al. (2001), los criterios deben ser: capaces de discriminar entre las diferentes alternativas, así como permitir que se compare su eficacia, completos (que incluyan todos los objetivos), operativos y significativos, no redundantes, y no muy numerosos en cuanto a cantidad se refiere.
7. Elección de la herramienta de toma de decisiones, la cual dependerá tanto del problema específico como de los objetivos que se pretenden alcanzar.
8. Evaluación de las alternativas frente a los criterios, es decir, determinar cómo cada una de las alternativas propuestas es capaz de cumplir con los criterios y atributos. Dependiendo del criterio de evaluación, la evaluación puede ser objetiva o subjetiva. Finalmente, una vez que se hayan evaluado las alternativas y se han ordenado, será el método utilizado el que elegirá la mejor opción o, en su defecto, la que tenga una mayor probabilidad de ser la mejor.
9. Validación de las soluciones. En esta fase se debe llevar a cabo la validación de la solución con objetivos, criterios y restricciones y, además, determinar si las

expectativas tanto de los decisores como de los afectados por la decisión elegida se han cumplido.

Cabe destacar que, desde una perspectiva de carácter global, dentro de los problemas de decisión multicriterio se pueden diferenciar dos grupos:

- Problemas de decisión de tipo discreto: son aquellos en los que el conjunto de alternativas que deben considerarse por parte del decisor es finito y, de manera general, no muy elevado. Así, debido a estas características, el interés práctico que tienen este tipo de problemas es evidente en la sociedad actual, ya que existen una gran multitud de contextos en los que se requiere la toma de una decisión, y en los que un número reducido de alternativas o elecciones deben ser evaluadas en base a varios criterios (Muñoz y Romana, 2016). Este tipo de problemas son los que, según Vitoriano (2007), se evalúan utilizando las llamadas técnicas multicriterio de carácter discreto.
- Problemas de decisión de tipo continuo: son aquellos en los que el conjunto de alternativas o elecciones que el decisor debe considerar son infinitas, y su nombre se debe al carácter matemáticamente continuo del conjunto de soluciones factibles que existen (Muñoz y Romana, 2016). Según Vitoriano (2007), son el tipo de problemas que se evalúan utilizando las conocidas como técnicas multicriterio de carácter continuo.

Los problemas de decisión están compuestos por una serie de elementos que, generalmente, son los siguientes (Muñoz, Romana y Ordóñez, 2014):

- Criterios de decisión ( $C$ ): son las condiciones o parámetros que van a permitir al decisor el poder discriminar entre diferentes alternativas y establecer preferencias, es decir, son los elementos de referencia en relación a los que se lleva a cabo la decisión. Cabe destacar que, en el caso de los problemas de decisión de tipo multicriterio, es difícil establecer y determinar dichos criterios, sin embargo, el hacerlo se considera un paso esencial en el proceso de la toma de decisión.

Los criterios de decisión se especifican:  $C = \{ C_1, C_2, C_3, \dots, C_n \}$

- Pesos o ponderaciones ( $\omega$ ): son las medidas de la importancia relativa que tienen para el decisor cada uno de los criterios de decisión establecidos, por lo que en asociación con los criterios, se asigna un vector de ponderaciones. Es habitual

que, en los problemas de toma de decisiones multicriterio, cada criterio tenga una relevancia diferente para el decisor.

Así,  $[\omega] = [\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n]$ , siendo “ $n$ ” el número de criterios. En la toma de decisión, el peso  $\omega_1$  refleja la importancia relativa del criterio  $C_1$ , asumiéndose que se trata de un valor positivo.

Existen diversas maneras de asignar pesos o ponderaciones, siendo los métodos más habituales los siguientes:

- Método de asignación directa: se define como el método en el que el decisor asigna directamente valores a los pesos, pudiendo, a su vez, hacer tal asignación de diferentes maneras, tales como la ordenación simple, la tasación simple o las comparaciones sucesivas.
- Método del autovector: se define como el método en el que los pesos que se asocian a cada uno de los criterios son las componentes del autovector que se asocia al autovalor dominante de una matriz de comparaciones pareadas entre los diferentes criterios.
- Alternativas (A): son los diversos enfoques que se pueden realizar para llevar a cabo la resolución del problema. En el caso de los problemas de decisión multicriterio discretos, estas alternativas se definen como el conjunto finito de estrategias, acciones, soluciones, decisiones, etc, posibles que es necesario estudiar a lo largo del proceso de resolución del problema de decisión planteado. Además, es importante destacar que, en la descripción de cada una de las alternativas existentes, se debe presentar de manera clara cómo se resuelve el problema planteado, así como las diferencias existentes entre la alternativa que se presenta, y las demás incluidas en el problema.

Así, el conjunto de alternativas es:  $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$ , donde  $A_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) son cada una de las posibles alternativas planteadas en el problema. Además, cabe incidir en que cada conjunto de alternativas corresponde a diferentes alternativas, excluyentes entre sí y exhaustivas.

- Matriz de decisión o valoración: es un gráfico que permite identificar y analizar la tasa de la fuerza de las relaciones entre conjuntos de información. Es el último paso en el proceso de los problemas de decisión. Una vez que se han establecido los diferentes criterios y, además, con sus respectivos pesos o ponderaciones, el

decisor está capacitado para otorgar un valor numérico o simbólico ( $a$ ) para cada uno de los criterios por un lado y, por otro lado, para cada alternativa del conjunto de elección. De esta manera, el valor  $a$  expresa una evaluación o juicio de una alternativa respecto al criterio.

Así, el valor  $a_{ij}$  expresa una evaluación de la alternativa  $A_i$  respecto al criterio  $C_j$ . Cada fila de la matriz presenta las cualidades de la alternativa  $A_i$  respecto a los  $n$  criterios propuestos, mientras que cada columna expresa las evaluaciones emitidas por el decisor de las alternativas existentes respecto al criterio  $C_j$ .

		Criterios y ponderaciones asociadas					
		$C_1$	$C_2$	...	$C_{3j}$	...	$C_n$
		$\omega_1$	$\omega_2$	...	$\omega_j$	...	$\omega_n$
Alternativas	$A_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1n}$
	$A_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2n}$
	...	...	...	...	...	...	...
	$A_i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{in}$
	...	...	...	...	...	...	...
	$A_m$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	...	$a_{mj}$	...	$a_{mn}$

**Tabla 4.1.** Matriz de decisión. Fuente: propia, a partir de Muñoz y Romana (2016)

A continuación, se van a presentar de manera más detalladas algunas de las técnicas multicriterio más utilizadas en la actualidad, tanto de tipo discretas como continuas, cuya definición fue expuesta con anterioridad en el presente trabajo.

## 4.2. Técnicas multicriterio discretas

En la actualidad, los métodos o técnicas de decisión multicriterio discretas más conocidas sean, tal vez debido a las diferentes versiones implementadas con software que existen, el método ELECTRE y el método AHP, los cuales se desarrollarán a continuación de manera más específica (Martínez Rodríguez, 2007).

#### 4.2.1. Método ELECTRE

El método ELECTRE (del francés “*ELimination Et Choix TRaduisant la realitE*”), es uno de los métodos más utilizado durante las últimas décadas. Fue propuesto en el año 1968 por Benayoun, Roy, y pertenece al grupo de métodos denominados de Relaciones de Superación (“*Outranking*”). Es importante destacar que la metodología ELECTRE ha dado a lo largo de los años muchas variantes y adaptaciones, siendo las más utilizadas en la actualidad la versión I y la versión III (Cabello Herce, 2017).

Este método fue creado por Roy en 1969 (Roy, 1969), y está basado en el concepto de superación, el cual se presenta mediante la indicación del grado de dominación de una alternativa sobre otra. Permite disminuir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes por medio de la partición del conjunto eficiente en dos subconjuntos, uno de ellos compuesto por las alternativas que el decisor considera muy favorables, mientras que el otro subconjunto estaría integrado por las alternativas menos favorables. Se trata de un método comparativo de alternativas, el cual está basado en operaciones que se realizan en tablas o matrices, a partir de las calificaciones que el decisor confiere a los criterios de cada una de las alternativas propuestas como factibles (Romero, 1993).

En cuanto al procedimiento del método ELECTRE, se parte de una “Matriz de decisión” y se utiliza la relación de sobreclasificación, con el objetivo de obtener una llamada “Matriz de superación”. En este método, una alternativa sobreclasifica a otra, y ésta pasa a formar parte del subconjunto de alternativas consideradas más favorables, siempre que sea, al menos, igual de adecuada, siempre teniendo en cuenta el conjunto de características que se han elegido como evaluables. Para llevar a cabo este proceso de la manera más adecuada posible, es necesario que exista una concordancia entre ambas alternativas, debiendo esta concordancia ser medida y supere el índice establecido previamente y, además, que la discordancia no supere otro índice que se debe tener establecido también previamente al análisis. Se pueden realizar matrices de concordancia y discordancia con el objetivo de exponer gráficamente el análisis que se está realizando, así como los resultados obtenidos en esta parte del método ELECTRE (Cabello Herce, 2017).

Para comprobar que una alternativa supera a otra en cada par de alternativas que se comparan, el método ELECTRE usa dos principios fundamentalmente (García Cebrián y Muñoz Porcar, 2009):

- Principio de concordancia: este método requiere que, en la mayor parte de los criterios, se pueda afirmar que una alternativa supera a la otra.
- Principio de no discordancia: este método requiere que, respecto a aquellos criterios para los que una alternativa no supera a la otra con la que la estamos comparando, la diferencia entre ellos no puede ser muy grande.

En este método, una característica importante y diferente al resto de métodos es el hecho de la sobreclasificación. Así, debe ser entendido el hecho de que la sobreclasificación se caracteriza porque en ella no aparece el supuesto de transitividad de preferencias que se usa en otros enfoques y difiere en el método ELECTRE, es decir, que si una alternativa “A1” sobreclasifica a “A2”, y “A2” sobreclasifica a “A3”, esto no significa que “A1” sobreclasifique a “A3”, ya que los motivos por los que el decisor ha determinado que prefiere la “A1” a la “A2”, puede que no sean los mismos a los que ha determinado para elegir la “A1” respecto a la “A3” (García Cebrián y Muñoz Porcar, 2009; Cabello Herce, 2017 ).

Según Romero (1993), el método ELECTRE se usa con el objetivo de construir un grafo en el que cada vértice del mismo representa una de las alternativas no dominadas y, a partir de dicho grafo, se desarrolla un subgrafo que conforma el núcleo del conjunto de alternativas determinadas como más favorables. Así, a partir de una matriz de superación, un software de este método (ELECTRE IS) permite generar el conocido como “Grafo de Superación” (Cabello Herce, 2017).

Tal y como citado anteriormente, en la actualidad, los dos métodos ELECTRE (o también llamadas versiones del método ELECTRE) que más se utilizan son los dos que expondremos a continuación esquemáticamente, y la principal diferencia entre ambos es que en cada uno se aplican supuestos diferentes para los cálculos que se deben realizar y para establecer los límites que se considerarán para la aceptación de la relación de superación entre las alternativas a comparar:



- ELECTRE I: el objetivo de este método es buscar un conjunto de soluciones que superen a las demás. Para ello, se fijan umbrales tanto de concordancia como de discordancia que marcan los límites para aceptar o no la relación de superación analizada. Esta versión proporciona como solución un subconjunto lo más restringido posible de alternativas no superadas.
- ELECTRE III: el objetivo es buscar una ordenación de las alternativas existentes, de la más beneficiosa a la menos. Para ello, el análisis se mueve en torno al grado de credibilidad que se le atribuye a la relación de superación. Esta versión proporciona una ordenación de alternativas.

Es de relevancia el indicar, que las versiones iniciales del método ELECTRE, tal y como sucede con la versión ELECTRE I, no han sido superadas por las posteriores y, por ello, continúa siendo la elegida en trabajos actuales como los de Almeida (2005) y Morais y Almeida (2006). Por otro lado, según la literatura consultada para la realización del presente trabajo, la principal desventaja del método ELECTRE ha radicado a lo largo de los años en su escasa axiomatización (Cabello Herce, 2017).

#### **4.2.2. Método AHP**

El método conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, del inglés “*Analytic Hierarchy Process*”) está encuadrado en los métodos MAUT (del inglés “*Multi-atrrIBUTE Utility Theory*”), basados en la Teoría de la utilidad multiatributo, es decir, en el uso de la función de utilidad. Los métodos MAUT parten del supuesto de que el decisor intenta maximizar una función de utilidad que incorpora los diferentes criterios que forman parte del problema, y se asume que el problema puede modelizarse a través de funciones valoradas de manera real, las cuales pueden ser maximizadas o minimizadas entre las diferentes alternativas existentes (Fülop, 2005). En el caso de que el problema de decisión esté categorizado como de tipo discreto, tal y como ocurre en el método AHP, a esta función se le conoce como función valor ( $v$ ).

Focalizándonos en el método AHP, el cual está basado en estructuras jerárquicas tal y como su propio nombre indica, fue propuesto en los años 70 por el matemático Thomas L. Saaty, siendo definido y desarrollado específicamente con el nombre de AHP en el año 1980 (Saaty, 1980), con el objetivo de resolver el

tratado de reducción de armamento estratégico entre los EEUU y la antigua URSS. Se trata de un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio discreto, es decir, que el número de alternativas posibles u opciones para elegir es finito (Muñoz y Romana, 2016) y, mediante la construcción de un modelo de tipo jerárquico y, tal y como determinó su propio autor (Martínez Rodríguez, 2007):

*“Trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión”*

En referencia al método AHP, es de importancia relevante el indicar que, en la actualidad, es uno de los métodos de decisión multicriterio más utilizado, con aplicación extendida en numerosos y diversos ámbitos. Según García, Martínez, Capos y López (2013), este método combina aspectos tanto de naturaleza tangible como intangible, con el objetivo de obtener una escala de razón con las prioridades asociadas a las diversas alternativas existentes.

Este método permite:

- La organización de la información referente a un problema de decisión de una forma gráfica y eficiente.
- La descomposición y análisis de dicha información por partes.
- La visualización de los efectos que producen los cambios en los niveles.
- La síntesis de dichos efectos.

Así, las principales ventajas que tiene al método AHP en comparación con otros de los métodos categorizados como MCDM y que son, más probablemente, los principales motivos por los que este método está siendo tan utilizado en la actualidad, son las siguientes (Martínez Rodríguez, 2007):

- Su simplicidad y claridad. Estas características se deben, principalmente, a la metodología de trabajo estructurada y lógica, basada en la descomposición del problema en una estructura de tipo jerárquico.
- Permite llevar a cabo un análisis de sensibilidad, el cual, otorga la capacidad de observación y estudio de otras soluciones factibles al realizar cambios en la importancia de los elementos que definen el problema de decisión planteado.

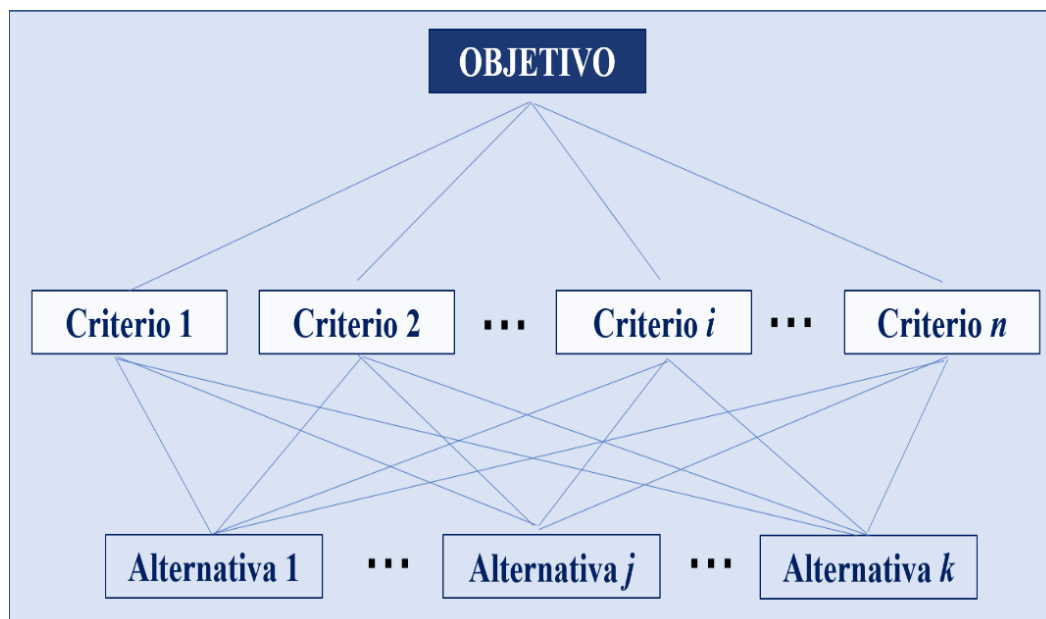
- En la actualidad, son numerosos los softwares de apoyo que existen para llevar a cabo su aplicación de una manera sencilla y asequible.

El proceso del método AHP está fundamentado en diferentes etapas, las cuales, según Saaty (1980) son tres: la modelización del problema, la valoración y priorización, y la síntesis. Sin embargo, actualmente, gracias al desarrollo del software “*Expert Choice*”, que se propone como herramienta multicriterio para la valoración de las diferentes alternativas, a estas etapas se les puede añadir una más correspondiente al análisis de la sensibilidad. A continuación, van a presentarse las cuatro etapas de manera más detallada (Martínez Rodríguez, 2007; Cabello Herce, 2017)

#### 1. Formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica

En esta primera etapa es el decisor quien tiene el papel fundamental, y es la etapa crítica y de mayor relevancia de todo el proceso, por lo que debe otorgársele un especial interés y el tiempo necesario, ya que se necesita invertir un número elevado de horas para identificar el problema principal. Normalmente, en el proceso de identificación de problemas aparecen más de uno, por lo que hay que llegar a un consenso y elegir, entre todos ellos, el que se va a analizar.

En esta etapa, una vez seleccionado el problema a estudiar, éste se debe desglosa en los diferentes componentes que el decisor considere más importantes para el proceso. La jerarquía básica que se utiliza es: objetivo general, criterios y alternativas; y dicha jerarquía se construye de manera que los elementos integrados en el mismo nivel tengan el mismo orden de magnitud y, además, sean susceptibles de relacionarse con elementos del nivel siguiente. Así, tal y como se presenta en el esquema de la Figura 1, en el nivel más elevado se encuentra el objetivo, es decir, el problema de decisión que se plantea; los criterios ocupan los niveles intermedios, entendidos como los elementos que afectan a la toma de decisión y, finalmente, en el nivel más bajo se encuadran las alternativas, entendidas éstas como las diferentes opciones de decisión factibles que existen.



**Figura 4.1.** Modelo AHP para la toma de decisiones. Fuente: propia.

## 2. Valoración de los elementos

En esta etapa, el decisor debe informar sobre sus juicios de valor o preferencias en cada uno de los diferentes niveles jerárquicos establecidos. Esta labor se realiza mediante comparaciones binarias, es decir, por parejas. Este método AHP permite realizar este tipo de comparaciones basándose tanto en aspectos tangibles (factores cuantitativos) como en aspectos no tangibles (factores cualitativos), presentándose una escala de medida o comparación, la cual fue propuesta por Thomas Saaty en 1994 y queda reflejada en la Tabla 4.1.

Escala	Definición	Explicación
1	Preferida igual	Los dos criterios que se comparan contribuyen en igual medida al alcance del objetivo
2	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
3	Preferida moderada	Un criterio es más favorable ligeramente que el otro, tal vez debido a la experiencia y el juicio
4	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
5	Preferida fuertemente	Un criterio es fuertemente más favorable que el otro, tal vez debido a la experiencia y el juicio
6	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
7	Preferida muy fuertemente	Un criterio es muy fuertemente más favorable que el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
8	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
9	Preferida extremadamente	Un criterio es mucho más favorable que el otro, evidenciado en la más alta medida posible

**Tabla 4.1.** Escalas de comparación de Saaty. Fuente: propia.

De esta manera, el decisor expresa sus preferencias entre dos elementos verbalmente y, además, representarlas mediante valores numéricos. Así, cuando dos elementos o factores sean igual de preferidos y/o importantes para el decisor, éste le asignará un “1” al par de elementos, y así sucesivamente tal y como queda recogido en la Tabla 3 anteriormente expuesta. La escala verbal, a su vez, posibilita al decisor incorporar subjetividad a la escala, experiencia y conocimiento. La efectividad de esta escala ha sido empíricamente validada tras los resultados obtenidos en diferentes situaciones reales.

Los resultados obtenidos de las comparaciones realizadas constituyen una matriz cuadrada, recíproca y positiva, la cual recibe el nombre de “Matriz de comparaciones pareadas”. Cuando se han constituido las matrices de comparación, la segunda etapa del método AHP se da por concluida.

### 3. Priorización y síntesis

En esta tercera etapa del método AHP, el objetivo es calcular la prioridad que tiene cada elemento, definiéndose la prioridad por el propio Saaty (Saaty, 1998) como:

*“Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia”*

Existen tres tipos de prioridades: (1) prioridades locales, que son aquellas que se calculan de manera directa a partir de la información que aparece en las matrices de comparación; (2) prioridades globales, que son aquellas de cada nodo de la jerarquía en relación al nodo inicial, es decir, al objetivo, y el AHP las calcula mediante el principio de composición jerárquica; y (3) prioridades totales, que son las prioridades de las diferentes

alternativas comparadas, y en el método AHP se obtienen a través de la agregación de las prioridades globales.

Además, es importante destacar que en este método es posible evaluar la consistencia que tiene el decisor en el momento de la introducción en la matriz de comparaciones pareadas, de los juicios de valor, y eso se consigue mediante un indicador al que Saaty denominó “Razón de Consistencia” (Saaty, 1998).

En el método AHP existen una serie de principios y axiomas, los cuales se considera importante presentar en este trabajo con el objetivo de comprender la base sobre la cual se establece el método (Osorio & Orejuela, 2008), y estos axiomas determinan cómo formular y resolver el problema de decisión planteado como una jerarquía y, de esta manera, explicitar los juicios en forma de comparaciones por pares (Romero, 1993).

- Principio de descomposición: este método permite estructurar un problema complejo en subproblemas menos importantes según una jerarquía, pero con dependencias entre ellos, de acuerdo con el nivel de descomposición en el que se haya integrado, tal y como se expuso en la Tabla 3.
- Principio de juicios comparativos: este método permite que se realicen parejas de los elementos de un subgrupo con relación al criterio definido como principal dentro del subgrupo. Así, a este hecho se le denomina comparaciones biunívocas.
- Principio de Composición Jerárquica o Síntesis de prioridades: este método permite, por medio de las multiplicaciones de las prioridades locales, que se produzcan prioridades globales.
- Axioma de reciprocidad: este axioma es el que garantiza que el análisis se realice de forma bidireccional. Así, si una alternativa “A” es “x” veces más favorable que otra alternativa “B”, “B” es “1/x” veces más favorable que “A”.
- Axioma de homogeneidad: en este método, los elementos que se comparen deben ser similares (homogéneos) en relación a la característica que se pretenda comparar.

- Axioma de la síntesis: este axioma no se aplica en algunos análisis, sin embargo, en otros sí. Los juicios referentes a las prioridades de los elementos seleccionados en la jerarquía no van a depender de los elementos que hayan sido colocados en el nivel más bajo.

### **4.3. Técnicas multicriterio continuas**

Tal y como se expuso anteriormente en el presente trabajo, los métodos o técnicas multicriterio continuas son aquellas en las que el decisor tiene un número infinito de alternativas sobre las que decidir. Debido a esta característica propia de este tipo de técnicas continuas, normalmente, los modelos que se han desarrollado a lo largo de la Historia han sido con el objetivo de apoyar la toma de decisiones en ambientes de certeza, esto es, en situaciones en las cuales el decisor posee información completa sobre los estados de la naturaleza que se van a exponer en posteriores situaciones (Cabello, 2017).

Así, en estas situaciones, el problema de decisión queda reducido a un problema de optimización matemática que se caracteriza por la existencia de un único decisor, un conjunto de alternativas posibles, un conjunto compuesto por las alternativas que el decisor considera posibles, parámetros de comportamiento de las variables y funciones objetivo o los criterios de evaluación que se utilizan para medir las consecuencias provocadas por las alternativas (García et al, 2013). Por ello, se puede afirmar que existen dos agentes que determinan el proceso de la toma de decisión en este tipo de técnicas multicriterio continuas; por un lado, el decisor es el individuo o grupo de individuos que toman la decisión final y, por otro lado, el analista, que es el individuo o grupo de individuos que están encargados de analizar el problema y de ayudar al decisor en la toma de decisión, es decir, ayudan a elegir la mejor opción.

Dentro de las técnicas multicriterio de tipo continuo, se pueden diferenciar dos tipos:

- Técnicas que no necesitan información sobre el decisor a priori: entre las más utilizadas se encuentran el Método de las Ponderaciones, el Método de las Restricciones y el Método Simplex.



- Técnicas que necesitan disponer de información específica sobre las preferencias que tiene el decisor previamente: entre ellas se encuentran la Programación por Compromiso y la Programación por Metas, ambas serán expuestas con mayor detalle a continuación.

#### **4.3.1. Programación compromiso**

Este tipo de técnicas fueron desarrolladas en 1975 por Yu y Zeleny (Yu & Zeleny, 1975), y se han ido consolidando a lo largo de los años como uno de los enfoques para solucionar problemas multiobjetivo de mayor potencial, siendo aplicadas en ámbitos muy diversos, tales como la planificación del uso de la tierra (Baja & Chapman, 2007), el equilibrio entre crecimiento económico de un país y la inflamción (André & Cardenete, 2008) y la gestión del uso del agua potable (Fattahi & Fayyaz, 2010).

Estas técnicas se basan en el Axioma de Zeleny (1973), el cual propone que una vez dadas dos soluciones posibles en relación a los objetivos propuestos, se elegirá a la que se localice más cerca del punto ideal. Según García et al. (2013), mediante esta técnica de Programación por compromiso se pretende usar este punto ideal como un foco de referencia para el decisor, ya que es en este punto donde cada uno de los objetivos planteados alcanzan su mejor valor.

El medidor principal de este método es la distancia, al cual se mide por medio del concepto matemático de distancia ( $L_n$ ), y dependiendo de la métrica “ $n$ ” que se elija, van a existir diferentes funciones de distancia, lo cual va a permitir el establecimiento de diferentes conjuntos de compromiso (Cabello, 2017). Existen diferentes concepciones de distancia, aunque la más conocida y utilizada es la distancia euclídea. Una vez se tiene el conjunto eficiente y las soluciones inferiores están eliminadas, la siguiente etapa del proceso de toma de decisión usando esta técnica consiste en la introducción de las preferencias del centro decisor con el objetivo de conseguir la mejor solución. Las preferencias dependen exclusivamente del decisor, por lo que son desconocidas. Una manera de conseguir la solución más eficiente podría ser minimizando las distancias normalizadas y ponderadas para cada uno de los objetivos planteados (André et al., 2008; Guadalajara & Ruá, 2015).

. Esta técnica, aunque puede parecer difícil en un primer momento, es relativamente fácil de aplicar y, sobre todo, de mucha utilidad en los casos en los

cuales la toma de decisión tenga objetivos enfrentados, por ejemplo, en el caso en el que los objetivos sean ambiental y económico, tal y como sucede en nuestra sociedad actual cada vez en mayor número de ocasiones (Guadalajara & Ruá, 2015).

#### **4.3.2. Programación por metas**

Esta técnica se desarrolló sobre los principios establecidos por Simon (1955, 1957), en los cuales se determina que en contextos de toma de decisiones complejos, el decisor normalmente intenta que una serie de objetivos relevantes estén lo más cercanos posibles a unos niveles de aspiración que son predeterminados previamente; es decir, que primer se plantean los problemas complejos de decisión como la obtención de unos objetivos fijados previamente y, después, se evalúa el grado de consecución de dichos objetivos y se fijan otros nuevos (Cabello, 2017).

La técnica de programación por metas surgió con el objetivo de poder hacer frente a la incapacidad de optimizar todos los objetivos en el mismo momento y, en la actualidad, es uno de los métodos más empleados cuando los problemas son complejos y de gran tamaño. Esta técnica fue creada por Charnes & Cooper (1961) y se fundamenta en establecer de parte del decisor un nivel aceptable de logro para cada uno de los objetivos planteados, siempre en forma cuantitativa y, posteriormente, buscar la solución que haga mínima la suma ponderada de las desviaciones de cada objetivo establecido, frente al valor fijado por el decisor (Goicochea & Hansen, 1982).

El proceso para la formulación de un modelo de Programación por metas está constituido por diversas fases:

1. Fijar los atributos: los cuales se consideren importantes para cada problema de decisión analizado. Los atributos se entienden como las características intrínsecas de las alternativas susceptibles de ser medidas, las cuales forman la base para la toma de decisiones. Posteriormente se debe determinar el nivel de aspiración que corresponde a cada uno de los atributos fijados.
2. Relacionar los atributos con los objetivos o metas: la formulación matemática que da como resultado una meta es la combinación de un atributo con un nivel de aspiración, siempre teniendo en cuenta las variables

de desviación negativa y positiva en la toma de decisión. En relación a la formulación de metas y variables de decisión que deben ser consideradas en la toma de decisión, se deben minimizar unas u otras variables de desviación. Además, al menos una de las dos variables de desviación que definen cada objetivo debe ser cero, ya que el nivel de aspiración en este tipo de técnica multicriterio no puede estar por encima y por debajo de él de manera simultánea.

3. Identificar las variables de desviación no deseadas: las cuales son aquellas variables que al decisor no le conviene que alcancen su valor más pequeño, es decir, cero. Finalmente, se pretende minimizar este tipo de variables no deseadas, lo cual se puede hacer de diferentes formas, las cuales en su procedimiento dan origen a variantes de esta técnica de Programación por metas, las cuales presentamos a continuación.

Existen diferentes variantes en la Programación por metas, dependiendo del curso de la acción y de circunstancias puntuales que quedan fuera del control, conllevando la obtención de resultados diferentes con relación al nivel de logro que el centro decisor asigne en el criterio de la decisión que se debe tomar (Chica, 2018):

- Programación por metas ponderadas
- Programación por metas con prioridades
  - Método secuencial
  - Método simplex multifase
- Otros procedimientos

## **5. Descripción propuesta o caso práctico**

### **5.1. Introducción**

La elección de presentar este caso práctico se debe a que, en la actualidad, se está fabricando y comercializando cada vez un número más elevado de diferentes tipos de cervezas a nivel mundial y, además, existe mayor internacionalización y facilidad de importación y exportación de productos, sobre todo, en los países más desarrollados. Como consecuencia de ello, los consumidores de cerveza se encuentran cada vez ante un mayor abanico de posibilidades o alternativas de elección, debiendo tomar una decisión al respecto, la cual, en determinadas ocasiones, se torna compleja.

En los capítulos previos del presente trabajo, se han presentado datos en relación tanto a la importancia del sector cervecero a nivel mundial como a la variabilidad de técnicas de decisión multicriterio que existen, con especial énfasis a las que más se utilizan en la actualidad con objeto de ayudar a la toma de decisión multicriterio. Teniendo en cuenta el marco de actuación ante el cual se pretende llevar a cabo el caso práctico, la explicación del desarrollo que se va a llevar a cabo se expone a continuación del objetivo de manera resumida y, posteriormente, de manera detalla para cada una de las técnicas de decisión multicriterio que se van a implementar.

Para la obtención de unos resultados fiables, se ha determinado realizar una encuesta a 30 personas, que constituyen el tamaño de muestra empleado en el caso práctico que se va a presentar a continuación. Si bien, para una mejor y exhaustiva exposición de las técnicas que se van a utilizar, se va a tomar como ejemplo los datos relativos a una persona de las 30 encuestadas, con objeto de que las técnicas se presenten de manera meramente práctica con datos reales, no sólo teóricos.

### **5.2. Objetivo**

El objetivo que se pretende alcanzar con el presente caso práctico es determinar la utilidad que tiene tanto el método de decisión multicriterio de tipo discreto AHP como el método de tipo continuo programación por compromiso, como ayuda al

consumidor en su selección de la cerveza que mejor se adapte a sus necesidades individuales.

Para ello, el método más utilizado a la hora de comparar ofertas competitivas y así, posteriormente, poder llevar a cabo la toma de decisión, es aquel que integra el establecimiento de una serie de criterios. Además, cada uno de los criterios requiere un peso relativo o ponderación, con objeto de que la decisión tomada sea la más adecuada en relación a las necesidades de cada individuo.

El método AHP, tal y como explicado de manera exhaustiva en el apartado correspondiente del “marco teórico” de este trabajo, es un método que permite presentar de manera gráfica y eficiente la modelización del problema por medio de una estructura jerárquica, el uso de comparaciones por pares con objeto de integrar las preferencias de la persona que debe tomar la decisión, así como el uso de una escala de razón válida para llevar a cabo dicha toma de decisión ante un problema complejo.

Además, en el presente caso práctico se va a desarrollar el método de programación compromiso, el cual se basa en medir la distancia, permitiendo llevar a cabo una evaluación de los criterios establecidos para, finalmente, exponer los resultados obtenidos.

### **5.3. Definición de criterios a utilizar**

El establecimiento de los criterios constituye una de las fases más determinantes de los procesos de decisión multicriterio. Los criterios de decisión, en el presente caso práctico, son aquellos parámetros de la cerveza que van a permitir al decisor el poder llevar a cabo la discriminación entre las diferentes alternativas propuestas, así como establecer sus preferencias, considerándose los elementos de referencia sobre los que recae la toma de decisión.

Para la elección de los criterios a utilizar en nuestro caso práctico hemos realizado una búsqueda bibliográfica en la literatura referente al tema, buscando aquellos criterios que los consumidores consideraran de mayor importancia en su toma de decisión para elegir una cerveza u otra en la mayor parte de los estudios analizados (Barrachina, 2016).

Así, hemos considerado adecuado el establecimiento de 11 criterios de decisión, los cuales se han categorizado en rangos, lo más acorde posible a lo descrito en trabajos previos referentes al tema, así como atendiendo a los resultados obtenidos en el “análisis social” realizado en el presente trabajo. Además, a cada una de las categorizaciones que se ha hecho de cada criterio, se le asigna un valor, el cual va a posibilitar hacer de evaluación para cada una de las cervezas.

A continuación, se expone cada uno de los criterios y categorización en rangos:

- Color: para categorizar el color de la cerveza se siguió la denominada “Guía de color BJCP” publicada en 2015 (del inglés “*Beer Judge Certification Program*”). Esta Guía fue creada por una organización estadounidense sin fines de lucro que persigue el desarrollo y fomento del conocimiento, comprensión y valorización de los estilos de cerveza que existen a nivel mundial (Manosalva, 2019). En ella, los diferentes colores que la cerveza puede tener son doce: pajizo, dorado, ámbar profundo/cobre ligero, cobrizo profundo/marrón ligero, marrón oscuro, negro, amarillo, ámbar, cobrizo, marrón, marrón muy oscuro y negro/opaco. Sin embargo, en el apartado de “análisis social” presentado previamente en el presente trabajo, los resultados obtenidos tras una encuesta en la que el tamaño de muestra correspondiente a personas consumidoras de cerveza fue de  $n=150$ , resultó que, entre los 12 colores propuestos en la guía, algunos de ellos fueron seleccionados como apetecible por un número muy bajo de personas encuestadas. Como consecuencia de este hecho, para nuestro caso práctico se decidió agrupar los colores de la cerveza menos apetecibles en una única categoría. Así, en relación al color más apetecible de la cerveza entre los consumidores, las categorías establecidas fueron seis:
  - 1: Dorado
  - 2: Ámbar
  - 3: Amarillo
  - 4: Cobrizo
  - 5: Negro
  - 6: Otros
- Olor: para este criterio se determinaron cinco categorías debido a que, tras revisión bibliográfica referente al olor de la cerveza, los consumidores

habitualmente referencian la percepción de cuatro tipos de olor agradables y, por otro lado, se encuentran los olores desagradables (Cervezas Ambar, 2019). Así, se ha considerado pertinente establecer 5 categorías referentes al olor de la cerveza, de la 1 a la 4 constituyen los olores agradables, y en la categoría 5 se han integrado los olores desagradables:

- 1: Frutal
  - 2: Herbal
  - 3: Floral
  - 4: A cebada
  - 5: Olor desagradable (huevo podrido, ácido, cartón, fósforo...)
- Espuma: este criterio fue uno de los considerados más importantes entre los encuestados de nuestro “análisis social”, ya que el 97% de ellos afirmaron preferir cervezas con espuma para su elección. La espuma se forma cuando un gran número de burbujas de dióxido de carbono suben a la superficie de la bebida y explotan, evitándose en gran medida el contacto del líquido con el aire, conllevando que la cerveza no se oxigene y no pierda el gas rápidamente. La cantidad y calidad de las proteínas constituyentes de la cerveza influyen también en la formación de espuma, así como la superficie del vaso, el tipo de cerveza, la cantidad de alcohol y la temperatura, entre otros factores. Así, la formación de espuma se considera un criterio multifactorial. La importancia de la espuma es tanto estética (apetecible) como funcional, y los expertos valoran: densidad, cremosidad, adherencia al cristal y estabilidad (The Beer Times, 2019). Sin embargo, a nivel de consumidor, se ha considerado establecer tres categorías en referencia a características más fácilmente descriptibles como son la cantidad y localización de espuma que pueden encontrar en la cerveza:
    - 1: Escasa cantidad de espuma (< 1 cm de capa espumosa) localizada en la capa superficial
    - 2: Moderada cantidad de espuma (1-2 cm de capa espumosa) localizada en la capa superficial
    - 3: Mucha cantidad de espuma (> 2 cm de capa espumosa) localizada en la capa superficial
  - Graduación: es una característica importante de la cerveza, si bien un 37% de los encuestados en el “análisis social” del presente trabajo indicaron no

fijarse en la graduación de la cerveza a la hora de seleccionar una u otra. No existe una categorización estándar para este criterio en el sector cervecero según la literatura consultada, existiendo cervezas con graduación entre 2 y 15% de alcohol. Si bien, en el Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, se publicó que las cervezas de bajo contenido alcohólico eran las que tenían entre 1 y 3% de alcohol (BOE, 2016). Hemos considerado establecer tres rangos teniendo en cuenta estos datos:

- 1: Poca (1-3% de alcohol)
  - 2: Media (4-7% de alcohol)
  - 3: Alta ( $\geq 8\%$  de alcohol)
- Turbidez: la turbidez de la cerveza tiene varios orígenes, aunque suele estar asociado con el grado de filtración que se realice en la cerveza, si bien otros autores indican que la presencia de lavaduras también influye. Esta característica puede ser adecuada o no según el estilo de cerveza considerado. Para este criterio, según la literatura consultada, es habitual el establecimiento de cuatro categorías (Barrachina, 2016):
- 1: Transparente y brillante. Cerveza caracterizada por su total transparencia y brillantez, es el grado más exigente descrito. No se observan partículas en suspensión.
  - 2: Transparente. Cerveza que permite la lectura de un folio escrito al otro lado del líquido.
  - 3: Turbidez media. Cerveza que dificulta la lectura de un folio escrito al otro lado del líquido. Se observa una cantidad moderada de partículas en suspensión.
  - 4: Opacidad total: Cerveza que imposibilita la lectura de un folio escrito al otro lado del líquido. Se observa una gran cantidad de partículas en suspensión.
- Amargor/Dulzura: el grado de amargor de una cerveza suele estar influenciado por el lúpulo, los taninos, la malta y los minerales que se encuentren en el agua utilizada en el proceso de elaboración; por otro lado, el grado de dulzura parece estar influenciado también por el lúpulo y la malta y, además, por los esteres producidos durante la fermentación y por el diacetilo generado igualmente en la fermentación. Se han considerado cuatro categorías relativas a este criterio.



- 1: Muy amarga
  - 2: Amarga
  - 3: Dulce
  - 4: Muy dulce
- Cuerpo: en el caso de la cerveza, este criterio hace referencia a la textura de la misma o de cómo se siente físicamente en la boca del consumidor, es decir, se trata de una percepción de esta parte anatómica. En base a que en la encuesta presentada en el “análisis social” de este trabajo se apreció que sólo un 6% de las 150 personas encuestadas remitió preferencia por cervezas de “poco cuerpo”, y tras consulta en la literatura publicada al respecto en relación y a la consideración de tratarse de un concepto considerado bastante abstracto, con objeto de disminuir el posible sesgo en los resultados al respecto, en nuestro caso práctico hemos decidido establecer tres categorías sobre este criterio:
    - 1: Cuerpo completo: produce una sensación de llenado en la boca
    - 2: Cuerpo medio: entre la categoría 1 y la 3
    - 3: Cuerpo ligero: produce una sensación sedosa en la boca
  - Materia prima: este criterio sobre la materia prima con la cual se ha elaborado la cerveza se ha categorizado en cinco tipos:
    - 1: Cebada
    - 2: Trigo
    - 3: Otro cereal diferente a la cebada y el trigo (avena, maíz, centeno...)
    - 4: Mezcla de cereales
    - 5: Otra materia prima diferente a cereal (piña, plantas, raíces...)
  - Fermentación: el tipo de fermentación es, tal vez, la clasificación que más se utiliza para presentar los diferentes tipos de cervezas. Siguiendo la propuesta de la Asociación de Cerveceros, se han establecido tres categorizaciones diferentes para este criterio:
    - 1: A altas temperaturas: fermentación entre los 4 y los 24°C
    - 2: A bajas temperaturas: fermentación entre los 0 y los 4°C
    - 3: Fermentación espontánea: producción tras la acción de cepas ambientes (no cultivadas)

- Burbujas: la categorización de la presencia y cantidad de burbujas se ha establecido en cuatro rangos:
  - 1: Muchas burbujas
  - 2: Moderada cantidad de burbujas
  - 3: Poca cantidad de burbujas
  - 4: Sin burbujas
- Precio: si bien en el apartado de “análisis social” no incluimos la pregunta sobre la influencia que puede tener el precio de una cerveza y su posible condicionante en su selección, tras una búsqueda bibliográfica en el sector cervecero, hemos determinado incluir este criterio en nuestro caso práctico, estableciéndose dos categorías al respecto, en relación a la importancia que los consumidores confieren a este criterio:
  - 1: cervezas de menor precio
  - 2: cervezas de mayor precio
  - 3: le es indiferente el precio

Para conocer el precio límite que nos determinará qué cerveza se categorizará como 1 ó 2, se establecerá el precio medio de todas las alternativas de cerveza propuestas en nuestro caso práctico, y las que se encuentren por debajo serán categorizadas de “1”, y las que estén por encima, de “2”. El precio por litro de cada tipo de cerveza se establecerá según corresponda a una lata de 33 cl.

## **5.4. Técnicas a utilizar**

A continuación, una vez establecidos tanto el objetivo como los criterios de selección de la cerveza, se va a proceder a utilizar dos técnicas: (1) método AHP, mediante el cual se llevará a cabo la ponderación de los criterios y la importancia de cada uno de ellos; y (2) método programación por compromiso, mediante el cual se realizará la evaluación de los criterios, dando valores a los datos obtenidos con objeto de alcanzar el resultado final. El proceso fase a fase se expone a continuación de manera detallada.

### **5.4.1. Método AHP**

En primer lugar, se va a utilizar el método AHP que, como expuesto anteriormente, se trata de un **modelo jerárquico** en el que la primera fase es definir

el problema y determinar el objetivo (fase concluida, presentada en el punto inicial: “objetivo” del caso práctico), constituyendo el primer nivel de la jerarquía. A continuación, el siguiente nivel (nivel intermedio) estaría integrado por los *11 criterios (C)* establecidos y definidos en el punto anterior del presente trabajo, entendidos estos criterios como los elementos que afectan a la toma de decisión y, finalmente, en el tercer y último nivel (nivel bajo) se encontrarían las alternativas existentes, entendidas como las diferentes opciones de decisión factibles que existen.

En el caso práctico presentado se han considerado *seis alternativas (A)* posibles de elección, correspondiendo a diferentes tipos de cerveza: Estrella Galicia, Moritz, Mahou, Cruzcampo, Damm y Heineken. La selección de estas alternativas se ha llevado cabo atendiendo a los resultados obtenidos en la encuesta previa realizada y aportada en el “análisis social” del presente trabajo, ya que las alternativas propuestas se corresponden con las 6 marcas de cerveza más consumidas entre las personas encuestadas. Las alternativas se definen como los diferentes enfoques que se pueden realizar para alcanzar a la resolución del problema, siendo, en este caso, un número finito de soluciones posibles.

Las características individuales de las 6 alternativas propuestas atendiendo a los 11 criterios determinados se presentan en la Tabla 5.1. como información adicional. Los datos para completar esta tabla han sido extraídos de información encontrada en las páginas oficiales de cada tipo de cerveza incluida como alternativa en este trabajo.

	<b>Estrella Galicia</b>	<b>Moritz</b>	<b>Mahou clásica</b>	<b>Cruzcampo</b>	<b>Estrella Damm</b>	<b>Heineken Lager Beer</b>
<b>Color</b>	1	6	1	3	3	3
<b>Olor</b>	4	4	1	1	4	1
<b>Espuma</b>	3	3	2	2	2	3
<b>Gradación</b>	2	2	2	2	2	2
<b>Turbidez</b>	1	3	1	1	1	1
<b>Amargor/Dulzura</b>	1	1	2	2	1	2
<b>Cuerpo</b>	2	2	2	2	3	3
<b>Materia prima</b>	1	1	1	1	4	1
<b>Fermentación</b>	1	1	2	2	2	2
<b>Burbujas</b>	2	2	1	2	2	2
<b>Precio*</b>	2	2	1	1	2	2

**Tabla 5.1** Características de las seis cervezas propuestas como alternativa. (Fuente: elaboración propia).

\*Para establecer la categorización del precio, se han considerado los precios de 1,87 euros/litro para la cerveza Estrella Galicia; 2,10 euros/litro para Moritz; 1,47 euros/litro para Mahou clásica; 1,64 euros/litro para Cruzcampo; 1,87 euros/litro para Estrella Damm; y 1,94 euros/litro para Heineke Lager Beer. El precio medio de todas ellas es 1,815, estableciéndose como límite.

Una vez se han caracterizado las seis alternativas propuestas según los criterios seleccionados, ya se tienen establecidos y definidos los diferentes elementos dentro del modelo jerárquico, el decisor, en este caso el consumidor de cerveza, debe informar de sus preferencias en cada uno de los niveles jerárquicos establecidos. Para ello, en este método (AHP), utilizando la escala de medición propuesta por Saaty en el año 1980 (Tabla 5.2), el decisor tiene la capacidad de realizar comparaciones binarias, es decir, por parejas, y cuantificar sus preferencias mediante valores numéricos. Cabe destacar que las comparaciones se pueden basar tanto en aspectos cualitativos (no tangibles) como cuantitativos (tangibles).

Escala	Definición	Explicación
1	Preferida igual	Los dos criterios que se comparan contribuyen en igual medida al alcance del objetivo
2	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
3	Preferida moderada	Un criterio es más favorable ligeramente que el otro, tal vez debido a la experiencia y el juicio
4	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
5	Preferida fuertemente	Un criterio es fuertemente más favorable que el otro, tal vez debido a la experiencia y el juicio
6	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
7	Preferida muy fuertemente	Un criterio es muy fuertemente más favorable que el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio
8	Valor intermedio de preferencia	No se puede definir claramente la preferencia entre factores
9	Preferida extremadamente	Un criterio es mucho más favorable que el otro, evidenciado en la más alta medida posible

**Tabla 5.2.** Escalas de comparación de Saaty. (Fuente: elaboración propia).

Los valores 2, 4, 6 y 8 de la Tabla 5.2. se utilizan cuando no se puede definir con claridad la preferencia entre los dos criterios que se comparan, y constituyen los denominados valores intermedios de preferencia.

En nuestro caso práctico se llevó a cabo una encuesta a 30 personas con objeto de que mostrasen sus preferencias de manera pareada, tal y como propone la Escala de Saaty, en referencia a los 11 criterios relacionados con características de la cerveza. A continuación, se va a presentar el **peso o ponderación ( $\omega$ ) a los criterios**

**de selección** que una de las 30 personas encuestadas ha dado, entendiéndose como tal a las medidas de la importancia relativa que tiene para el decisor encuestado cada uno de los criterios de decisión establecidos. Es necesario disponer de estos pesos que reflejen las preferencias del decisor respecto a los diferentes criterios planteados y, para ello, es usual trabajar con el **vector de prioridad de los criterios “normalizado”**, de forma que la suma de sus componentes sea igual a 1.

Para comenzar esta fase del proceso AHP, al decisor se le ha preguntado, por ejemplo: ¿es el criterio “color” igual de importante que “olor” para ti? ¿ligeramente más importante? ¿fuertemente más importante?, atribuyéndosele un número acorde a la escala de Saaty (Tabla 5.1).

Así, se constituye una matriz cuadrada ( $A=a_{ij}$ ), recíproca y positiva ( $a_{ij} \times a_{ji} = 1$ ), la cual es llamada matriz de comparación por pares (MCP), que presenta los resultados de las preferencias en relación a los criterios obtenidos de las comparaciones realizadas por la persona encuestada (Tabla 5.3). Los elementos de la MCP,  $a_{ij}$ , son una estimación de las verdaderas razones o pesos ( $\omega_i/\omega_j$ ) entre las prioridades asociadas a los criterios comparados.

Cabe destacar que el axioma de reciprocidad del método AHP es el que garantiza que el análisis se realice de forma bidireccional, es decir, si un criterio “1” es “x” veces más preferido que otro criterio “2”, el criterio “2” es “1/x” veces más preferido que el criterio “1”.

		Criterios de selección										
		Color	Olor	Espuma	Gradación	Turbidez	Amargor/dulzura	Cuerpo	Materia prima	Fermentación	Burbujas	Precio
Criterios de selección	Color	1,00	0,33	1,00	1,00	3,00	0,20	1,00	0,20	3,00	7,00	3,00
	Olor	3,00	1,00	3,00	7,00	5,00	0,20	1,00	3,00	7,00	1,00	5,00
	Espuma	0,33	0,33	1,00	5,00	5,00	0,33	3,00	3,00	7,00	3,00	5,00
	Gradación	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33	0,14	5,00	1,00	1,00	0,20	5,00
	Turbidez	0,33	0,20	0,20	3,00	1,00	0,14	1,00	5,00	3,00	1,00	5,00
	Amargor/Dulzura	5,00	5,00	3,00	0,20	7,00	1,00	3,00	7,00	7,00	9,00	7,00
	Cuerpo	1,00	1,00	0,33	0,20	1,00	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	9,00
	Materia prima	5,00	0,33	0,33	1,00	0,20	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
	Fermentación	0,33	0,14	0,14	1,00	0,33	0,14	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00
	Burbujas	0,14	1,00	0,33	5,00	1,00	0,11	0,33	1,00	0,33	1,00	7,00
	Precio	0,33	0,20	0,20	0,20	0,20	0,14	0,11	0,33	0,33	0,14	1,00

**Tabla 5.3.** Matriz de comparación por pares para los 11 criterios seleccionados. Información extraída del caso práctico de estudio. (Fuente: elaboración propia).

En este caso utilizado como ejemplo para explicar el método AHP, se observa que el valor de la diagonal de la matriz es siempre “1” (resaltado en color rojo), resultante de que en esas casillas de la matriz la comparación se está efectuando de un criterio con él mismo, por lo que la preferencia según la Escala de Satty es la misma. En el caso del olor, por ejemplo, el decisor ha determinado que para él este criterio tiene preferencia moderada sobre el color, por lo que en la casilla correspondiente se observa un “3” (casilla de color amarillo) ( $a_{ij}$ ), tal y como recomienda la escala de Satty. Al existir el axioma de reciprocidad, el olor tiene una preferencia  $1/3=0,33$  ( $1/a_{ji}$ ) sobre el color, apareciendo este dato en la casilla correspondiente (casilla de color verde).

Una vez completada la MCP, el problema se transforma en un problema de vectores y valores propios:

$$A \cdot w = \lambda \cdot w$$

Donde:

$A$ = matriz recíproca de comparaciones pareadas (juicios de importancia / preferencia de un criterio sobre otro)

$w$ = vector propio que representa el orden de prioridad

$\lambda$  = máximo valor propio que representa una medida de la consistencia de las preferencias

En la siguiente y última fase del método AHP, una vez se tiene la MCP de los criterios, las prioridades de dichos criterios se pueden calcular utilizando un método de aproximación, utilizando la media geométrica. El objetivo de esta fase es conseguir los porcentajes de la importancia de los criterios para el decisor. Para ello, se construye la llamada Matriz Comparativa Normalizada (MCN) a partir de las preferencias que haya mostrado el decisor en la MCP presentada en la fase previa de la técnica, con objeto de normalizar al vector de preferencia. Existen varios métodos para realizar esta normalización, pero el más utilizado es de las medias. Así, se calcula dividiendo cada término de la MCP entre la suma de su columna, y se obtiene el vector de prioridad del criterio al promediar los valores de las filas (Tabla 5.4). Este procedimiento se repite para todos los criterios. Cabe destacar que este método proporciona unos resultados cercanos al método exacto pero, sin embargo, es más sencillo de aplicar.



		Criterios de selección											
		Color	Olor	Espuma	Gradación	Turbidez	Amargor/ Dulzura	Cuerpo	Materia prima	Fermentación	Burbujas	Precio	Vector de prioridad
Criterios de selección	Color	0,06	0,03	0,10	0,04	0,12	0,07	0,06	0,01	0,09	0,24	0,06	0,08
	Olor	0,17	0,10	0,31	0,28	0,21	0,07	0,06	0,13	0,21	0,03	0,09	0,15
	Espuma	0,02	0,03	0,10	0,20	0,21	0,12	0,18	0,13	0,21	0,10	0,09	0,13
	Gradación	0,06	0,01	0,02	0,04	0,01	0,05	0,30	0,04	0,03	0,01	0,09	0,06
	Turbidez	0,02	0,02	0,02	0,12	0,04	0,05	0,06	0,21	0,09	0,03	0,09	0,07
	Amargor/Dulzura	0,29	0,52	0,31	0,01	0,29	0,35	0,18	0,30	0,21	0,31	0,13	0,26
	Cuerpo	0,06	0,10	0,03	0,01	0,04	0,12	0,06	0,04	0,09	0,10	0,17	0,07
	Materia prima	0,29	0,03	0,03	0,04	0,01	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06
	Fermentación	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01	0,05	0,02	0,04	0,03	0,10	0,06	0,04
	Burbujas	0,01	0,10	0,03	0,20	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,13	0,06
	Precio	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02

**Tabla 5.4.** Matriz normalizada y vector de prioridad de los 11 criterios seleccionados. Información extraída del caso práctico de estudio. (Fuente: elaboración propia).

Así, por ejemplo, en la casilla resaltada en color morado, el resultado es 0,06, procedente de la normalización de la casilla que ocupa la misma posición en la MPC:

$$\frac{\text{Número de la primera casilla de la primera columna de la MPC}}{\text{Suma de los 11 valores de la primera columna de la MPC}}$$

$$\frac{1}{1+3+0,33+1+0,33+5+1+5+0,33+0,14+0,33} = 0,06$$

Posteriormente, el vector de prioridad del criterio color en este caso, se calcula:

$$\frac{\text{Suma de los valores de la primera fila}}{\text{Número de criterios totales}}$$

$$\frac{0,06+0,03+0,10+0,04+0,12+0,07+0,06+0,01+0,09+0,24+0,06}{11} = 0,08$$

Así, en el caso del decisor problema evaluado, se puede indicar que el color de la cerveza es un criterio que adquiere una importancia del 8%. En este momento, lo adecuado es ordenar los criterios según las preferencias del decisor y, en este caso, sería:

- 26% el amargor/dulzura
- 16% el olor
- 13% la espuma
- 8% el color

- 7% la turbidez y 7 % el cuerpo
- 6% la gradación, 6% la materia prima y 6% las burbujas
- 4% el tipo de fermentación
- 2% el precio

Una vez obtenida la información sobre las preferencias del decisor a través del vector de prioridad normalizado para cada uno de los criterios seleccionados (11 en nuestro caso práctico expuesto), el método AHP ha llegado a su fin. A continuación, presentaremos el desarrollo de la parte de la evaluación de criterios, la cual se llevará a cabo utilizando el método programación compromiso.

#### 5.4.2. Método Programación Compromiso

Este método se trata de una técnica multicriterio de tipo continuo y, además, pertenece al grupo de las técnicas que necesitan disponer de información específica sobre las preferencias que tiene el decisor previamente, tal y como sucede en el presente caso práctico, en el cual, mediante el método AHP se ha conseguido tal objetivo.

Este método está basado en el Axioma de Zeleny, el cual propone que, una vez dadas dos soluciones posibles en relación al problema u objetivo propuesto, se elegirá la que se localice más cercana al punto ideal, siendo el medidor principal de este método la distancia. Las soluciones más cercanas al punto ideal son las llamadas soluciones compromiso.

Así, el primer paso de este método dentro del enfoque compromiso consiste en establecer lo que Zeleny llama el **punto o la alternativa ideal**. Las coordenadas de la alternativa ideal vienen dadas por los valores óptimos de los correspondientes objetivos, forzando el proceso de optimización al cumplimiento de las restricciones del problema. El punto o alternativa ideal se puede representar por medio del siguiente vector:

$$\mathbf{f}^* = \left( f_1^*, \dots, f_i^*, \dots, f_n^* \right)$$

$$f_i^* = \text{Max } f_i(\mathbf{x})$$

Cuando el objetivo deseado es maximizar los “n” objetivos, la  $f^*$  sería la alternativa ideal. Cada elemento del vector se denomina “punto ancla”. Cabe destacar que la alternativa ideal es normalmente inalcanzable, ya que si dicha alternativa fuera alcanzable, ello implicaría que no existe conflicto alguno entre los objetivos, por lo que no existiría ningún problema de elección multicriterio, pues la alternativa ideal  $f^*$  sería la elección óptima. Por otro lado, cuando dicho punto o alternativa ideal es inalcanzable, la mejor solución compromiso viene dada por la solución eficiente más próxima al punto ideal, tal y como expone el Axioma de Zeleny. Así, dadas las soluciones  $f_1$  y  $f_2$ , la solución preferida será aquella que se encuentre más próxima al punto ideal.

Focalizándonos en nuestro caso práctico, más específicamente en el ejemplo que estamos desarrollando de una de las 30 personas sometidas a encuesta, el primer paso es presentar al decisor las diferentes alternativas, así como los criterios seleccionados con sus categorizaciones, tal y como se plantearon en el apartado correspondiente del presente caso práctico, con el objetivo de que nos indique su opinión (Tabla 5.5).

		Alternativas					
		Estrella Galicia	Moritz	Mahou clásica	Cruzcampo	Estrella Damm	Heineken Lager Beer
Criterios	Color	3	3	2	4	3	2
	Olor	2	2	3	1	4	1
	Espuma	2	2	1	2	2	3
	Gradación	1	3	2	2	3	3
	Turbidez	3	1	3	1	2	2
	Amargor/Dulzura	2	2	2	2	2	3
	Cuerpo	1	2	1	2	3	2
	Materia prima	2	1	1	1	4	1
	Fermentación	1	1	2	2	2	1
	Burbujas	3	2	1	2	2	3
	Precio	3	3	3	3	3	3

**Tabla 5.5.** Datos sobre la opinión del decisor en relación a los criterios seleccionados para cada una de las alternativas propuestas. (Fuente: elaboración propia).

A continuación, se debe construir la tabla en la cual aparezcan los pesos o ponderaciones que el decisor ha dado a cada uno de los criterios, junto con el valor ideal y el anti-ideal para cada uno de dichos criterios (Tabla 5.6). El valor ideal y el valor anti-ideal son los valores máximo y mínimo que el decisor haya otorgado para ese criterio específico en la Tabla 8, respectivamente.

		Sub-Peso	Valor ideal	Valor anti-ideal
<b>Criterios</b>	<b>Color</b>	0,08	4	2
	<b>Olor</b>	0,16	4	1
	<b>Espuma</b>	0,13	3	1
	<b>Gradación</b>	0,06	3	1
	<b>Turbidez</b>	0,07	3	1
	<b>Amargor/Dulzura</b>	0,26	3	2
	<b>Cuerpo</b>	0,07	3	1
	<b>Materia prima</b>	0,06	4	1
	<b>Fermentación</b>	0,04	2	1
	<b>Burbujas</b>	0,06	3	1
	<b>Precio</b>	0,02	3	3

**Tabla 5.6.** Peso o ponderación otorgado por el decisor, así como el valor ideal y el anti-ideal para cada uno de los 11 criterios de selección. (Fuente: elaboración propia).

Así, por ejemplo, atendiendo al criterio color, la prioridad (sub-peso) que el decisor otorgó a este criterio fue de un 8% (0,08). El decisor dio unos valores para el criterio color de: 3, 3, 2, 4, 3 y 2 para cada una de las seis alternativas propuestas. Así, el valor ideal para este criterio es de “4” (resaltado en amarillo), ya que es el valor máximo que el decisor dio a dicho criterio, mientras que el valor mínimo (valor anti-ideal) que dio fue de “2” (resaltado en azul). El mismo procedimiento se repite con todos y cada uno de los criterios.

Cabe destacar que sucede en múltiples ocasiones que los valores absolutos de los niveles de logro de los diferentes criterios pueden ser muy diferentes, o que los criterios u objetivos del problema a estudiar se encuentren en unidades diferentes, por lo que la suma de grados de proximidad carece de sentido. Por estas razones, existe la necesidad de normalizar estos valores, en este caso se realizará mediante la siguiente fórmula:

$$D_j = [f^*_j - f_j(x)] / [f^*_j - f^{**}_j]$$

Donde:

$D_j$  = grado de proximidad. Valor entre 0 y 1.

$F^{**}_j$  = valor anti-ideal obtenido previamente

En nuestro caso práctico, la normalización de la matriz construida con las respuestas del decisor en relación a los criterios seleccionados y a las alternativas presentadas es la que se expone a continuación (Tabla 5.7).

		Alternativas					
		Estrella Galicia	Moritz	Mahou clásica	Cruzcampo	Estrella Damm	Heineken Lager Beer
Criterios	Color	0,5	0,5	1	0	0,5	1
	Olor	0,67	0,67	0,33	1	0	1
	Espuma	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0
	Gradación	1	0	0,5	0,5	0	0
	Turbidez	0	1	0	1	0,5	0,5
	Amargor/Dulzura	1	1	1	1	1	0
	Cuerpo	1	0,5	1	0,5	0	0,5
	Materia prima	0,67	1	1	1	0	1
	Fermentación	1	1	0	0	0	1
	Burbujas	0	0,5	1	0,5	0,5	0
	Precio	1	0	1	1	1	1

**Tabla 5.7.** Datos normalizados sobre la opinión del decisor en relación a los criterios seleccionados para cada una de las alternativas. (Fuente: elaboración propia).

Finalmente, para obtener los resultados objeto de la realización de la técnica Programación Compromiso se deben calcular las distancias correspondientes. Cabe destacar que existen muchas distancias, además de la euclidiana que es la más conocida, pero se ha demostrado que el conjunto de soluciones cuya distancia al punto ideal es mínima, llamado también *conjunto compromiso*, está acotado por los puntos para los cuales la distancia  $L_1$  o Manhattan, y la distancia Chebysev o infinita ( $L_{\infty}$ ) son mínimas. Estos puntos son variables, puesto que dependen del peso que se le asigne a la consecución de cada criterio, reflejando las preferencias del decisor. Estos pesos o ponderaciones se introducen en la expresión de la distancia, resultando:

$$L_1 = W_1 \frac{f_1(x) - F_1}{f_1 - F_1} + W_2 \frac{f_2(x) - F_2}{f_2 - F_2}$$

$$L_{\infty} = \max[W_1(f_1(x) - F_1), W_2(f_2(x) - F_2)]$$

Donde:

$F_i$ = valor ideal

$f_i$ = valor anti-ideal

$W_i$ = ponderación de cada criterio por parte del decisor

A continuación, se presentan los datos obtenidos en relación a las distancias  $L_1$  y  $L_{\infty}$  del caso práctico presentado como ejemplo para exponer el desarrollo de la técnica Programación Compromiso (Tabla 5.8). Además, se presenta la media obtenida entre las dos distancias estudiadas  $(L_1 + L_{\infty} / 2)$ , así como se determina la posición que siguen las diferentes alternativas propuestas en relación a las necesidades del decisor. Para establecer dicha posición, se utiliza la denominada función jerarquía:

= Jerarquía (número; referencia; orden)

= Contar.si (rango; criterio)



Mediante esta función se consigue determinar qué valores están repetidos en el rango de datos, así como el número de veces. Así, en este segundo paso se tienen las siguientes dos funciones:

= Jerarquía (valor; rango\_valores\_restringidos; 1), de donde se obtiene en qué posición se encuentra el valor respecto de los valores que cumplen la condición inicial como si el listado se ordenara de manera ascendente;

= Contar.si (\$C\$2:\$C2; valor).

Finalmente, uniendo las fórmulas anteriores se obtiene la fórmula que se ha empleado en el presente ejemplo de nuestro caso práctico para determinar la posición que ocupa cada alternativa:

=JERARQUIA (número;referencia;orden;1)+CONTAR.SI(rango;criterio)-1

		Alternativas					
		Estrella Galicia	Moritz	Mahou clásica	Cruzcampo	Estrella Damm	Heineken Lager Beer
Distancias	L <sub>1</sub>	0,70	0,70	0,76	0,73	0,45	0,43
	L <sub>inf</sub>	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,16
	L media	0,48	0,48	0,51	0,49	0,35	0,29
	Posición	3	4	6	5	2	1

**Tabla 5.8.** Resultados finales del método Programación Compromiso. (Fuente: elaboración propia).

Tal y como se puede observar en la Tabla 5.8, la cerveza Heineken Lager Beer es la mejor alternativa para el decisor estudiado en nuestro caso práctico como ejemplo, ya que es la que satisface en mayor medida sus necesidades individuales.

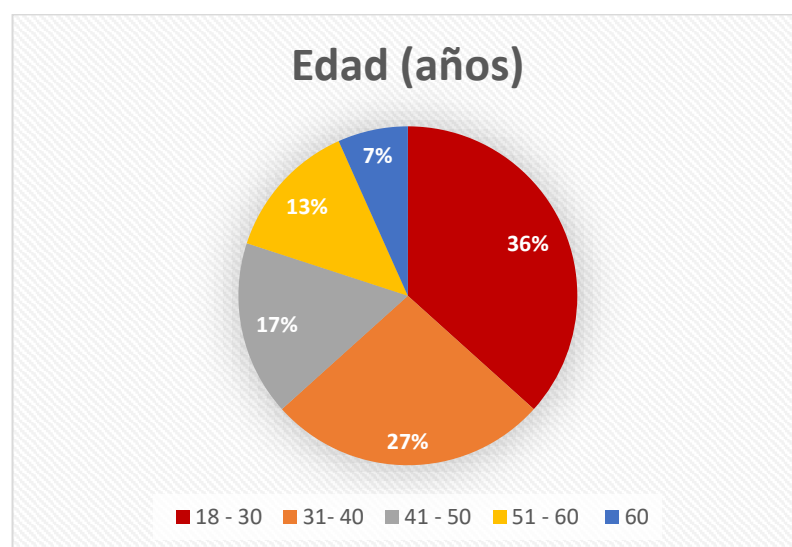
## 5.5. Resultados

Como expuesto previamente, el caso práctico que se presenta está integrado por una encuesta que se ha realizado a 30 personas ( $n=30$ ) consumidoras de cerveza, independientemente de la frecuencia de dicho consumo. Sin embargo, en los puntos anteriores se ha utilizado los resultados obtenidos de una sola persona con objeto de explicar el proceso que se ha llevado a cabo para implementar el método AHP y Programación Compromiso. El desarrollo de ambos métodos se ha llevado a cabo con el objetivo de determinar si son eficaces para ayudar a los consumidores de cerveza a seleccionar aquel tipo específico de cerveza que se adapte a sus necesidades individuales.

A continuación, se van a presentar los resultados obtenidos de los 30 consumidores de cerveza, de manera general. En primer lugar, se van a presentar los resultados respecto a la categorización general de la muestra participante en la encuesta implementada en el caso práctico del presente trabajo:

- **Edad:**

De las 30 personas encuestadas: 11 tuvieron entre 18-30 años, 8 entre 31-40 años, 5 entre 41-50 años, 4 entre 51-60 años, y sólo 2 personas tuvieron más de 60 años.



**Figura 5.1.** Resultados obtenidos de la categorización de la muestra (n=30) utilizada para el caso práctico del presente trabajo. (Fuente: elaboración propia)

Tal y como observado en la Figura 5.1, el 36% de las personas encuestadas se encontraban en un rango de edad comprendido entre los 18 y los 30 años, siendo ésta la franja de edad más representada, seguida de la comprendida entre los 31 y los 40 años (27% de las personas encuestadas). Debido a que, tal y como indicado en el “análisis social” del presente trabajo, el número de elementos que han constituido la muestra han sido contactados vía internet, ya que las encuestas se han divulgado a través de este medio, este resultado podría estar condicionado por dicho factor.

Además, cabe destacar que, según los últimos datos publicados procedentes del Instituto Nacional de Estadística (INE) de nuestro país en referencia a la franja de edad en la cual el consumo de alcohol es más habitual, indican que es entre los 65 y los 74 años, siendo las personas de esta edad las menos representadas en nuestro caso práctico, con sólo un 8% del total. Este hecho nos limita los resultados obtenidos en relación a la selección de alternativas de cervezas por parte de los consumidores, ya que la mayor población consumidora de cerveza según estadísticas nacionales, ha quedado reflejada mínimamente en nuestro caso práctico. Sin embargo, el objetivo fundamental de esta parte práctica, no es tanto el conocer cuál es, dentro de las alternativas propuestas, la cerveza más seleccionada por la población, sino conocer la posible utilidad de los métodos de decisión multicriterio utilizados (AHP y Programación Compromiso) como ayuda a los consumidores en el proceso de elección según sus necesidades.

- **Sexo:**

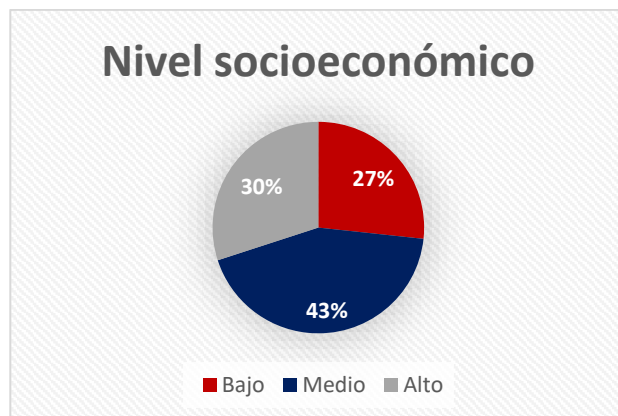
De las 30 personas encuestadas: 14 fueron mujeres y 16 hombres.



**Figura 5.2.** Resultados obtenidos de la categorización de la muestra (n=30) utilizada para el caso práctico del presente trabajo. (Fuente: elaboración propia).

Los resultados referentes al sexo de las personas que han formado parte del caso práctico del presente trabajo nos indican que aproximadamente la mitad de las personas fueron hombres (53,3%) y la otra mitad mujeres (46,7%), evitándose de esta manera el sesgo que podría reproducir en los resultados si existiera disparidad en relación al porcentaje de personas de cada sexo integrantes de la encuesta.

- **Estatus/nivel socioeconómico:**



**Figura 5.3.** Resultados obtenidos de la categorización de la muestra (n=30) utilizada para el caso práctico del presente trabajo. (Fuente: elaboración propia)

Los resultados referentes al nivel socioeconómico de las personas que han formado parte del caso práctico, se observa que aproximadamente la mitad de ellas pertenecen a un nivel medio (43%), considerándose una muestra válida de estudio que, presumiblemente, no conllevará sesgo en los resultados debido al factor de nivel socioeconómico ni en un sentido (nivel alto) ni en el otro (nivel bajo).

Así, tras los resultados presentados respecto a la categorización de la muestra, podemos concluir que dicha muestra es válida con objeto de evitar sesgo en relación a los parámetros presentados (edad, sexo y nivel socioeconómico).

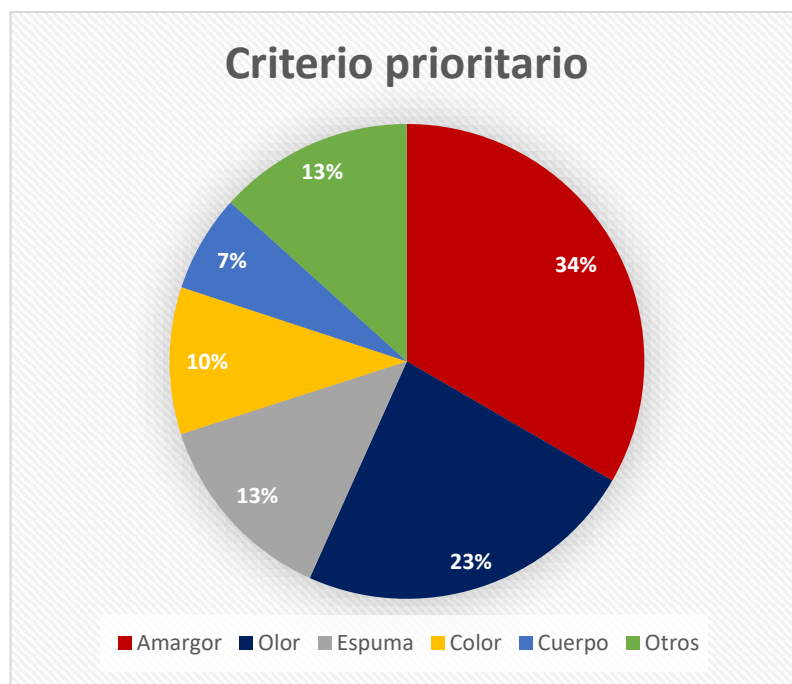
A continuación, una vez consideramos que la muestra es aparentemente válida, van a presentarse los datos relativos a las técnicas de decisión llevadas a cabo para cada uno de los participantes en la encuesta, los cuales integran la totalidad del caso práctico presentado (n=30).

Así, en el caso de la técnica de decisión multicriterio jerárquica AHP, los resultados generales que se han considerado de relevancia presentar son los siguientes:

- **Prioridad de los criterios:**

De las 30 personas encuestadas: 10 seleccionaron el amargor como el criterio prioritario para seleccionar la cerveza a consumir, 7 indicaron el olor, 4 la

espuma, 3 el color de la bebida, 2 el cuerpo, 1 la turbidez del líquido, 1 la materia prima con la que se ha elaborado la bebida, 1 la cantidad de burbujas que presenta una cerveza, y la última persona ha indicado considerar el criterio prioritario el precio de la cerveza (Figura 5.4).



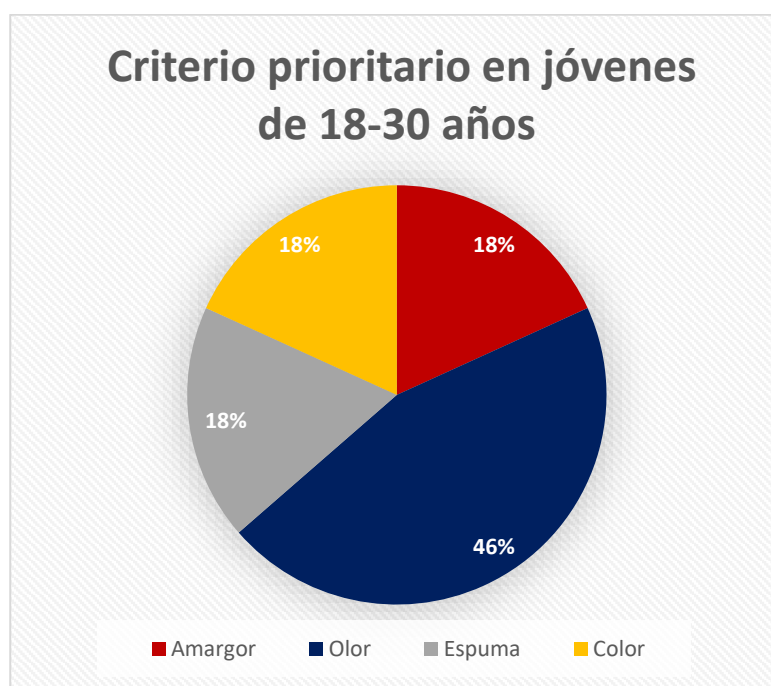
**Figura 5.4.** Resultados referentes al criterio de mayor prioridad para los participantes en el caso práctico del presente trabajo (n=30). (Fuente: elaboración propia)

Los resultados referentes al criterio de selección que más personas encuestadas han obtenido como prioritario tras la implementación del método AHP, indican que es el criterio amargor el más prevalente (34% de personas), seguido del olor (en el 23% de personas ha sido definido como el criterio de mayor prioridad), de la espuma y del color (prácticamente con igual porcentaje, 13% y 10%, respectivamente) y del cuerpo de la cerveza (en 7% de personas encuestadas) y, finalmente, en el 13,3% restante de personas, el método AHP ha determinado que el criterio más prioritario es cualquier otro de los 6 criterios de selección que no son los que se han expuesto previamente. Esto es, en un muy bajo porcentaje de personas, específicamente sólo una persona en cada

caso, el criterio prioritario de decisión ha sido la turbidez, la materia prima, las burbujas y el precio de la cerveza.

Una vez conocidos los criterios que se consideran de mayor prioridad a la hora de seleccionar el tipo de cerveza que desean consumir los consumidores de esta bebida de manera general, se presentan resultados de relevancia que se han observado al analizar la posible relación existente entre el criterio seleccionado por el consumidor y las características del mismo, es decir, en relación a su edad, sexo y/o estatus socioeconómico.

Así, en la siguiente gráfica se presentan los datos referentes a la selección de criterios que ha llevado a cabo la población comprendida entre los 18 y los 30 años (n=11) (Figura 5.5):



**Figura 5.5.** Resultados referentes al criterio de mayor prioridad para los participantes en el caso práctico del presente trabajo con edad entre los 18-30 años (N=11). (Fuente: elaboración propia)

Así, en la Figura 5.12. se observado que la población cuya edad oscila entre los 18 y los 30 años ( $n=11$ , representando un 36% de la muestra en nuestro caso práctico), selecciona de manera prioritaria el criterio del olor de la cerveza en el momento de decidir qué bebida consumir en un 46% de los casos ( $n=5$ ), mientras que dos jóvenes priorizan el amargor (18%), otros dos la espuma (18%) y otros dos el color (18%).

Si bien debido al número tan bajo de personas se considera innecesario la realización de una gráfica para presentar los datos, sí que se exponen los datos numéricos en relación a las personas integradas en las franjas de edades diferentes a las expuestas previamente (18-30 años) y al criterio de la cerveza prioritario que han considerado en el momento de la toma de decisión de elegir una alternativa:

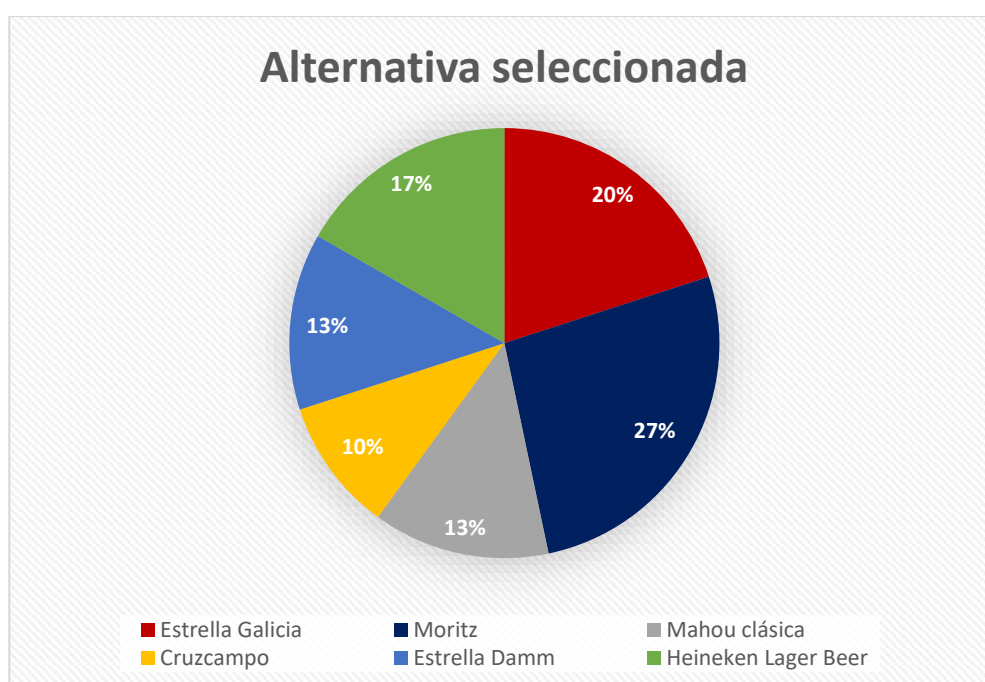
- Franja: 31-40 años ( $n=8$ ): 3 personas han seleccionado el amargor, 1 persona el olor, 2 la espuma, 1 el color, y 1 el cuerpo.
- Franja 41-50 años ( $n=5$ ): 3 personas han seleccionado el amargor, 1 persona el olor y 1 la espuma.
- Franja 51-60 años ( $n=4$ ): 2 personas han seleccionado el amargor, 1 el precio y 1 la espuma.
- Franja más de 60 años ( $n=2$ ): 1 persona ha seleccionado el cuerpo (50%) y la otra la turbidez (50%).

En relación a la posible selección de un criterio u otro según el sexo, no se ha observado ningún dato relevante a destacar. Y, en cuanto al estatus socioeconómico, un dato relevante observado ha sido que de las personas con status social alto ( $n=9$ ), 5 de ellas (representando el 55,5% del total) han indicado que el criterio prioritario en la toma de decisión de una alternativa de cerveza es el amargor.

En relación al método Programación por Compromiso, los resultados generales correspondientes a las 30 personas integrantes del caso práctico presentado que se han considerado relevantes de presentar son los siguientes:



- **Alternativas de selección:**



**Figura 5.6.** Resultados referentes a las alternativas consideradas más adecuadas para los participantes en el caso práctico del presente trabajo (n=30). (Fuente: elaboración propia)

Tal y como puede observarse en la figura anterior (Figura 5.6), la cerveza que en más número de personas encuestadas ha sido considerada la mejor alternativa según las necesidades del decisor, que en este caso es un consumidor de cerveza, es la Moritz, en un 27% (n=8) de los casos totales (n=30). Este resultado no es sorprendente, ya que se trata de una cerveza consumida de manera habitual entre la población consumidora de cerveza de la región de la cual se ha extraído la muestra para la presente encuesta. Si bien, cabe destacar que la

diferencia entre las 6 alternativas propuestas no es significativa, siendo la cerveza Estrella Galicia la que sigue a la Moritz en relación a haber sido determinada como la mejor alternativa en un 20% ( $n=6$ ) de los consumidores de cerveza incluidos en el caso práctico presentado, seguida de la Heineken Lager Beer (17%,  $n=5$ ), de la Mahou Clásica (13%;  $n=4$ ) y Estrella Damm en igual porcentaje (13%,  $n=4$ ) y, finalmente, la Cruzcampo (10%,  $n=3$ ). Los resultados con diferencias no significativas en relación a las alternativas propuestas eran de esperar, puesto que hay que tener en cuenta que la selección de estas seis alternativas (tipos de cerveza) se llevó a cabo tras los resultados obtenidos del “análisis social” expuesto previamente en el presente trabajo. Tal vez, si se hubieran incluido alternativas diferentes, por ejemplo, algún tipo de cerveza que no sea consumida de manera habitual por la población de la región de la cual se ha extraído la muestra para el caso práctico, presumiblemente hubiera sido la mejor alternativa para un limitado número de personas encuestadas, con un porcentaje significativamente menor al resto de alternativas. Sin embargo, el objetivo del presente caso práctico no era abrir un amplio abanico de posibilidades a los decisores, sino incidir en aquellas alternativas que el “análisis social” nos indicó que eran los tipos de cerveza más consumidos en la zona de estudio.

Respecto a la posible relación entre alternativa de cerveza y los datos conocidos de los consumidores de cerveza incluidos como muestra en el presente estudio (edad, sexo y estatus social), cabe destacar que, debido al bajo número de muestra y a que, además, cada una de las seis alternativas propuestas en el presente trabajo han sido resultantes como seleccionadas de manera muy uniforme, no se han podido establecer relaciones significativas en cuanto a si una alternativa u otra parece sucumbir a las necesidades de un tipo de muestra u otro, ni en cuanto a edad, sexo ni estatus social.

El único dato ligeramente relevante que se ha observado en este sentido, ha sido que la cerveza Cruzcampo, la cual ha resultado ser la mejor opción para 3 personas (10%), en los 3 casos se trataba de hombres (100%). Sin embargo, como expuesto en el párrafo previo, con un número de muestra tan limitado ( $n=3$ ), no se pueden extraer conclusiones al respecto.



## **6. Análisis del impacto ambiental**

Los proyectos, en mayor o menor medida, ejercen un impacto a nivel ambiental y, en la actualidad, es considerado un factor determinante que hay que tener en cuenta para el correcto planteamiento y desarrollo del mismo.

En la actualidad, la grave crisis ambiental en la que se encuentra el planeta genera en la sociedad un sentimiento de pavor a todos los niveles y, como consecuencia de ello, de manera creciente en los últimos años se está promoviendo el uso de tecnología lo más respetuosa posible con el medio ambiente. Así, debido a que existe cada vez una concienciación mayor en la sociedad respecto a que los recursos naturales son limitados, la elaboración de estudios de impacto ambiental constituye hoy en día un requisito complementario que se torna indispensable en todo proyecto de desarrollo.

En el caso del proyecto que se expone en el presente trabajo, el impacto ambiental es mínimo, ya que se trata de un estudio de índole meramente teórica. Por un lado, la parte de búsqueda bibliográfica y redacción de los datos más relevantes hallado queda exenta de generar un impacto ambiental a considerar. Por otro lado, la parte empírica del proyecto, tal y como se expuso en los apartados correspondientes, consistió en la realización de encuestas a rellenar por la población objeto de estudio que fue considerada e incluida como muestra, todas ellas difundidas, rellenadas y remitidas vía online, por lo que, al igual que la parte teórica del proyecto, el impacto medioambiental fue poco significativo.

En tal caso, cabe considerar que, si el cuestionario se hubiera realizado en papel, debido al alto número de elementos definidos para constituir la muestra, que fue de 174 en la parte del “Análisis social” del presente trabajo, así como fueron 30 personas las que fueron encuestadas en la parte del “Caso práctico” del mismo, el impacto a nivel medioambiental hubiera debido ser considerado y analizado con más detalle. Así, el impacto ambiental del consumo de papel es un foco problemático en la actualidad, ya que la fabricación de este material poluciona tremendamente. Sin embargo, también es de considerar que no todo el papel contribuye en igual medida a una contaminación del medio ambiente, ya que existen factores tales como los procesos de elaboración mediante los cuales se lleve a cabo la elaboración del papel que determinan la gravedad a este nivel.

Focalizándonos en el proyecto presentado, se considera importante citar que, en caso de que éste prosperara y se implementara, a mayor o menor escala, como método de ayuda para los consumidores en la selección de cerveza, la aplicación del mismo se realizaría de manera consecuente y respetuosa con el medio ambiente, por ejemplo, mediante aplicación móvil o similar.

Haciendo un breve inciso a otro tipo de impacto que, en la sociedad actual, prima en importancia, tal y como es el impacto a nivel socioeconómico, se prevé que éste sí puede adquirir una importancia más elevada que el de tipo medioambiental. Así, desde este ámbito, se piensa que la aplicación de técnicas de decisión multicriterio, tanto de tipo discreto como continuo, tal y como se presenta en este proyecto, con objeto de ayuda en la selección entre diferentes tipos de cerveza, podría conllevar la promoción del consumo de degustación de esta bebida por parte, sobre todo, de aquellos consumidores habituales de cerveza.

## **Presupuesto**

En todo planteamiento y desarrollo de un proyecto, independientemente de la índole y características del mismo, siempre se le asocia, en mayor o menor medida, un coste económico. Así, en esta parte del trabajo presentado se van a presentar, de la manera más detallada y exhaustiva posible, todos y cada uno de los gastos que se han desencadenado como consecuencia de la elaboración del mismo.

Los costes económicos derivados de la realización del presente proyecto se han agrupado en diferentes grupos, atendiendo al origen y naturaleza de los mismos:

- Gasto económico derivado del coste humano: en este grupo se incluye el coste de las horas de trabajo que han invertido las diferentes personas que, de una manera u otra, han formado parte del planteamiento y desarrollo del presente trabajo. En este caso, se considera necesario discernir la manera en la que se han contabilizados este tipo de costes.
- Gasto económico derivado del coste del material utilizado: en este grupo se integran los costes de todo el material que se ha gastado durante el proceso de desarrollo de este trabajo.
- Gasto económico derivado de los medios utilizados: en este grupo se incluyen los costes de todos y cada uno de los medios que se han necesitado para llevar a cabo la correcta elaboración del presente trabajo.

A continuación, se presenta una tabla (Tabla 0.1), en la cual aparece desglosado el coste económico total del proyecto que, como citado previamente, ha sido categorizado en tres grupos de gastos según la naturaleza de los mismos y a los que, en última instancia, se les ha añadido el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Grupo	Concepto	Consumo	Precio	Importe
<b>Coste humano</b>	Autor del trabajo	650 h	20 €/h <sup>1</sup>	13000 €
	Supervisor	15 h	30 €/h	450 €
<b>Coste del material</b>	Ordenador	1 <sup>2</sup> unidad	100 €	100 €
	Material fungible	1 unidad	150 €/unidad	150 €
	Mobiliario (mesa, silla)	-	100 €	100 €
<b>Coste de los medios</b>	Electricidad: luz habitación estudio	Horas: 850 Gasto Luz: 0,24 kW Total: 850h x 0,24 kW= 204 kWh	0,124558 €/kWh <sup>3</sup>	25,41 €
	Electricidad: ordenador	Horas: 850 h Gasto encendido: 220W = 0,22 KW Total: 850h X 2,2 kW= 187 kWh	0,124558 €/kWh	23,29 €
<b>Importe final</b>	Total			13848,7 €
	21% IVA			2908,2 €
	<b>TOTAL</b>			<b>16756,9€</b>

**Tabla 0.1.** Presupuesto desglosado con el gasto económico invertido en el presente proyecto. (Fuente: elaboración propia)

<sup>2</sup> Parte proporcional del precio de un ordenador de gama media, considerando una vida de 5 años del mismo, y un período de dedicación al proyecto de 6 meses.

<sup>3</sup> Precio medio del kWh en el año 2018

Así, tal y como se puede observar en la Tabla 0.1. el coste económico que ha supuesto la realización del presente trabajo alcanza los 16756,9 euros.



## Conclusiones

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado desde dos dimensiones diferentes pero integradas entre sí; una de ellas de naturaleza teórica, y la otra de naturaleza eminentemente práctica y real, habiendo recaído sobre esta última dimensión gran parte del contenido del trabajo. Como conclusiones finales se integran:

- I. Los métodos de decisión multicriterio de tipo discreto AHP y de tipo continuo Programación Compromiso, se pueden utilizar como ayuda para el consumidor de cerveza en su toma de decisión ante la necesidad de elegir el tipo de cerveza que mejor se adapte a sus necesidades individuales.
- II. En la actualidad existen una amplia diversidad de tipos de cervezas, sin embargo, el proceso de fabricación de esta bebida, a pesar de haber ido evolucionando consistentemente la sociedad y la industria a lo largo de la Historia, éste se ha mantenido prácticamente invariable con el transcurso de los años. La mayor diversidad hoy en día se encuentra en el ámbito del control exhaustivo de las características de las materias primas empleadas (grosor del grano, calidad, estado de germinación, etc), así como en el control de las diferentes fases del proceso de elaboración (temperatura, presión).
- III. En la sociedad actual que habita en nuestra zona, la mayor parte de las personas consumen cerveza (86%) con una frecuencia variada, si bien predominan los consumidores que lo hacen con una incidencia de dos a tres veces por semana; no parece existir distinción en cuanto a condición sexual, y es la población con un estatus socioeconómico medio quien más bebida de este tipo consume.
- IV. En la actualidad, debido tanto a la amplia variedad de fabricación en cuanto a tipos de cerveza se refiere, como a la facilidad de transporte de las mercancías en ambos sentidos (exportación e importación), el llevar a cabo una toma de decisión sobre la cerveza que más se adapta a lo que cada individuo necesita, se torna, cada vez de manera más incidente, en una situación de conflicto personal.
- V. Las técnicas de decisión multicriterio confieren hoy en día una herramienta muy útil en diversidad de contextos, ya que las tomas de decisiones surgen cada vez con más asiduidad y en mayor número de ámbitos, en parte, debido a los avances que permiten

que cada vez el número de alternativas frente a las que tomar una decisión de elección sea mayor.

- VI. El modelo de estructura jerárquica AHP permite, de manera relativamente sencilla, otorgar una notable ayuda al decisor que debe determinar sus preferencias en relación a los criterios o características de la cerveza, los cuales previamente deben ser determinados, definidos y categorizados.
- VII. Para utilizar el modelo de Programación Compromiso se debe disponer siempre el conocimiento sobre las preferencias del decisor en relación a las características de la cerveza (lo cual puede conocerse implementando previamente el método AHP). Este método permite, en última instancia, conocer, dentro de las alternativas existentes, cuál de ellas se adapta mejor a las necesidades del decisor.
- VIII. Respecto al caso práctico presentado, teniendo en cuenta que el tamaño de la muestra fue limitado (30 personas), no se pueden concluir de manera categórica las tendencias observadas en el análisis de los datos. Sin embargo, se ha observado que el criterio del amargor de la cerveza y del olor de la misma parecen ser los considerados más determinantes en el proceso de la toma de decisión. Por otro lado, los resultados indican que la cerveza Moritz es, de las seis alternativas propuestas, la que se adapta a las necesidades individuales de más número de consumidores, si bien no se observan diferencias significativas.
- IX. El desarrollo del presente proyecto ha generado un impacto medioambiental mínimo, sin consumo de papel o elementos contaminantes.



## Bibliografía

- Aixela, Á. (1985). *Historia Española de la Cerveza*. Cocina y Hogar Comer y Beber. Madrid.
- Almeida, A. (2005). Multicriteria modelling of rapair contract based on utility an ELECTRE I method with dependability and service quality criteria. *Annals of Operations Research*, 138, 113-126.
- André, F.J., Cardenete, M.A. y Romero, C. (2008). Using compromiso programming for macroeconomic policy making in a general equilibrium framework: theory and application to the Spanish economy. *Journal of the Operational Research Society*, 59, 875-883.
- Backer, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. y Sorenson, K. (2001). *Guidebook to decision-making methods*. Developed for the Department of Energy. WSRC-IM-2002-00002. Recuperado de [https://ksddms.ksc.nasa.gov/Reliability/Documents/Decision\\_Making\\_Guidebook\\_2002\\_Dept\\_of\\_Energy.pdf](https://ksddms.ksc.nasa.gov/Reliability/Documents/Decision_Making_Guidebook_2002_Dept_of_Energy.pdf)
- Baja, S., Chapman, D.M. y Dragovich, D. (2007). Spatial based compromise programming for multiple criteria decision making in land use planning. *Environmental modeling & Assessment*, 12(3), 171-184.
- Barranchina, A. (2016). *Art Cervesers*. Recuperado de <http://www.artcervesers.com/la-transparencia-de-la-cerveza-por-albert-barrachina/?lang=es>
- Benayoun, R., Roy, B. y Sussman, B. (1966). ELECTRE: une methode pour Guider le Chi xen Presence de Vue Múltiples. *Sema (Meta Internacional)*, 40. París
- Boletín Oficial del Estado (BOE). (2016). Real Decreto 678/2016, de 16 de diebre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta. Recuperado de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-11952](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2016-11952)
- Cabello Herce, A. (2017). *Métodos de decisión multicriterio y sus aplicaciones* (Trabajo Fin de Grado). Universidad de la Rioja. Recuperado de [https://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE002504.pdf](https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002504.pdf)

- Cervezas Ambar. (2019). *Cómo parecer un entendido en cerveza. El análisis del aroma de la cerveza*. Recuperado de <https://ambar.com/noticias/cultura-cervecera/como-catar-una-cerveza-aroma/>
- Charnes, A. y Cooper, W. (1961). *Management models and industrial applications of linear programming*. New York: Jhon Wiley and Sons.
- Chica Salgado, C.A. (2018). Modelo matemático de programación por metas para coadyuvar a la toma de decisiones en la selección de alternativas de inversión en Pymes. *I+D Revista de investigaciones*, 13, 47-56.
- Club de los grandes cerveceros del mundo. Tipos de cerveza. Internet. Recuperado de <http://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/tipos-de-cerveza>.
- Díaz Yubero, I. (2015). Cerveza. *Distribución y Consumo*, 45(3). Recuperado de [https://www.mercasa.es/media/publicaciones/222/1437675314\\_Alimento\\_con\\_historia\\_cerveza.pdf](https://www.mercasa.es/media/publicaciones/222/1437675314_Alimento_con_historia_cerveza.pdf)
- Fattahi, P. y Fayyaz, S. (2010). A compromise programming model to integrated urban water management. *Water Resources Management*, 24(6), 1211-1227.
- Fülop, J. (2005). Introduction to decision making methods. Laboratory of Operations Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences.
- García Cebrián, L.C. y Muñoz Porcar, A. (2009). Localización empresarial en Aragón: una aplicación empírica de la ayuda a la decisión multicriterio tipo ELECTRE I y III. Robustez de los resultados obtenidos. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 7, 31-56. ISSN: 1886-516X
- García, A., Martínez, E., Campos, C. y López, J.M. (2013). *Técnicas multicriterio de ayuda a la decisión*. Ed. Pearson.
- Generalitat de Catalunya. Encuesta Europea Sobre Alcohol (SEAS). (2017). Recuperado de <http://drogues.gencat.cat/es/detalls/Noticia/rarha-00003>
- Goicochea, A., Hansen, D.R. y Duckstein, L. (1982). *Multiobjective decision análisis with engineering and business applications*. New York: Jhon Wiley and Sons.

- Guadalajara Olmeda, N. y Ruá Aguilar, M.J. (2015). Programación y compromiso. Cómo equilibrar dos objetivos, económico y ambiental, en una promoción de viviendas. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 15(1), 113-120.
- Hidalgo, C. (2001). *Colección de cerveza*. Quito.
- Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat). (2019). *Anuario estadístico de Cataluña. Población a 1 de enero*. Recuperado de <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=253&lang=es>
- Manosalva, Huart, C. (2019). *Guía de estilos de cerveza BJCP 2015 en español*. Recuperado de <https://www.thebeertimes.com/guia-de-estilos-de-cerveza-bjcp-2015-espanol/>
- Martín Castejón, P.J., Lafuente Lechuga, M. y Martínez, F. (2015). *Guía práctica de estadística aplicada a la empresa y al marketing*. Madrid: Paraninfo.
- Martínez Rodríguez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, XL, 40, 523-542. ISSN: 1133-3677.
- Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Encuesta Nacional de la Salud (ENSE) de 2017. (2018). Recuperado de [https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2017/ENSE2017\\_notatecnica.pdf](https://www.mscbs.gob.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaNac2017/ENSE2017_notatecnica.pdf).
- Morais, D. y Almeida, A. (2006). Water supply system decision making using multicriteria analysis. *Water SA*, 32, 229-236.
- Muñoz, B., Romana, M. y Ordóñez, J. (2014). Elección de Tipo de Muro en una Autopista Urbana en Servicio por Métodos de Decisión Multicriterio Discretos. Aplicación a la M-40 en Madrid. *Obras Urbanas*, 34-44. Recuperado de <https://www.obrasurbanas.es/eleccion-de-tipo-de-muro-en-una-autopista-urbana-en-servicio-por-metodos-de-decision-multicriterio-discretos-aplicacion-a-la-m-40-en-madrid/>

- Muñoz, B. y Romana, M.G. (2016). Aplicación de métodos de decisión multicriterio discretos al análisis de alternativas en estudios informativos de infraestructuras de transporte. *Revista de Investigación*, 4(2), 27-46.
- Muñoz Bottas, A. y Yépez V, A.A. (2005). Comportamiento del consumidor quiteño al elegir cervezas: Imagen de marca versus características propias del producto. Trabajo de titulación. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4133/14/UDLA-EC-TPU-2005-04.pdf>
- Osorio Gómez, J.C. y Orejuela, J.P. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia of Technica. Año XIV*, 39, 247-252. ISSN 0122-1701.
- Ospina Blandón, M.J. (2012). *Aplicación del modelo multicriterio metodologías AHP y GP para la valoración económica de los activos ambientales* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Manizales. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/9040/1/7708529.2012.pdf>
- Padilla, N. y Guerrero, F.M. (2005). La selección de carteras mediante programación por metas lexicográficas entera: una aplicación al mercado continuo español. *Estudios de economía aplicada*, 23(1), 167-186.
- Peluso, F., Usunoff, E. y Entraigas, I. (2003). Integración de parámetros socioeconómicos en estudios espaciales de riesgo sanitario mediante el uso de herramientas multicriterio. *GeoFocus*, 3, 186-198.
- Peralta Paredes, P.B. (2013). Usos culinarios de la cerveza. Tesis de Pregrado. Universidad de Cuenca. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4133/14/UDLA-EC-TPU-2005-04.pdf>
- Pilla, S. y Vinci, G. (2012). *Cervezas de todo el mundo*. Enciclopedia práctica. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yM2D5x8crlsC&oi=fnd&pg=PT481&dq=tipos+de+cerveza&ots=w7qbKRC\\_V\\_&sig=YcUYyMbaC-6mJiDMwaVGI8pijpc#v=onepage&q=tipos%20de%20cerveza&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yM2D5x8crlsC&oi=fnd&pg=PT481&dq=tipos+de+cerveza&ots=w7qbKRC_V_&sig=YcUYyMbaC-6mJiDMwaVGI8pijpc#v=onepage&q=tipos%20de%20cerveza&f=false)

- RAE, DEJ, CGPJ. Real Academia Española, Diccionario Español Jurídico y Consejo General del Poder Judicial. (2016). Definición de decisión. Recuperado de <http://dej.rae.es/lema/decisi%C3%B3n>
- Ríos, S. (1998). Algunos procesos y problemas en la Ciencia de la decisión. *Revista Matemática Complutense*, 11(1), 113-141.
- Romero (1993). *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Alianza Editorial. Madrid.
- Roy, B. (1968). Classement et Choix en présence de Points de Vue Multiples, la Méthode ELECTRE. *R.I.R.O.*, 2(8), 57-75.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraww-Hill, New York.
- Saaty, T. (1994). *How to make a decision: the analytic hierarchy process*. University of Pittsburgh.
- Simon, H.A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Simon, H.A. (1957). *Repris dans Models of Man*. New York: Wiley.
- The Beer Times. (2019). *La importancia de la espuma en la cerveza*. Recuperado de <https://www.thebeertimes.com/la-importancia-la-Bolespuma-la-cerveza/>
- Vitoriano, B. (2007). *Teoría de la decisión: decisión con incertidumbre, decisión multicriterio y teoría de los juegos* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de [http://www.mat.ucm.es/~bvitoria/Archivos/a\\_dt\\_UCM.pdf](http://www.mat.ucm.es/~bvitoria/Archivos/a_dt_UCM.pdf)
- Yu, P.L. y Zeleny, M. (1975). The set of all nondominated solutions in linear cases and multicriteria simplex method. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 49, 430-468.
- Zeleny, M. (1973). *Compromise Programming in Multiple Criteria Decision Making*. University of South Carolina Press, Columbia, USA.